

19.069/ITS/H/2003

TUGAS AKHIR
(KL. 1702)



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

**ANALISA LAJU SEDIMENTASI DENGAN
METODE SIMULASI MONTE CARLO**



RSke
551.303
Sec
a-1
2003

Oleh :

YENUNG SECASARI
4398.100.002

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	12-9-2003
Terima Dari	H/
No. Agenda Prp.	219131

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2003

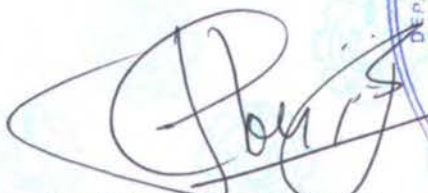
ANALISA LAJU SEDIMENTASI DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memperoleh Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Murdijito, M.Sc.Eng.
NIP. 132 149 376



Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng.
NIP. 132 105 583

ABSTRAK

Tugas Akhir ini mengambil tema Analisa Laju Sedimen dengan Metode Simulasi Monte Carlo dengan lokasi studi kasus Tanjung Awarawar Tuban. Penelitian ini didasarkan pada besar range volume sedimen didaerah tersebut sehingga perlu diketahui pola sebaran distribusi dari laju transport sedimen. Laju sedimentasi dianalisa secara deterministik dan probabilistik. Besar range hasil pengukuran dilapangan adalah $350.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$ - $2.500.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Dari perbandingan diketahui pendekatan yang paling sesuai dengan kondisi dilapangan adalah pendekatan yang dilakukan oleh Komar, Inman dengan volume sedimen terbesar terjadi dari arah datang gelombang utara sebesar $2.299.621 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Secara probabilistik didapatkan nilai rata-rata sebesar $356.311 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dengan distribusi laju sedimentasi yang sesuai adalah distribusi lognormal dengan logmean (μ) $11,7979 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan logstandar deviasi (σ) $0,8281 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

ABSTRACT

The object of this study is to analyze the rate of sediment transport by using The Monte Carlo Simulation Method, and based on a case study of the Tanjung Awarawar Tuban. This coastal area has a high sediment rate and therefore it is of interest explain the distribution pattern of the sediment transport. This study employed two approaches, i.e. deterministic and probabilistic approaches. Based on the field experiment is found that the sediment rate along Tuban coast is between 350,000 m³/year to 2,300,000 m³/year. Deterministic analysis showed that the equation derived by Komar, Inman is the most suitable equation for analysing the sediment transport in the coast area. Result of the sediment transport based on the deterministic approach, is 2,299,621 m³/year for the north wave direction. Result of probabilistic analysis using this Komar&Inman's equation is 356,311 m³/year for the mean value; the minimum and maximum value is respectively 211,950 m³/year and 2,842,844 m³/year. The sediment transport graphic distribution follows the lognormal distribution with 11,7979 m³/year log mean value and 0.8281 m³/year log standard deviation.

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang terdalam penulis panjatkan kehadirat Allah Swt, karena hanya dengan rahmat, karunia, dan ridlonya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **Analisa Laju Sedimentasi Dengan Metode Simulasi Monte Carlo**.

Tugas Akhir ini dikerjakan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan strata 1 (S-1) dan memperoleh gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Kelautan ITS, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sebagai makhluk yang tak bisa lepas dari kesalahan, penulis menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu diperlukan kritik dan saran yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang, akhir kata penulis berharap semoga karya ini bermanfaat untuk pembaca.

Surabaya, April 2003

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Tanpa bantuan dan dorongan dari orang-orang berikut ini penulis tidak akan mampu menyelesaikan TA dan kuliahnya dengan baik. Oleh sebab itu penulis dengan tulus ikhlas menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar -besarnya kepada :

1. Papa, Mama (alm) dan Mbahbuk (alm) atas segala cinta kasihnya, semangat dan dorongannya, kepercayaannya, pengertian dan kesabarannya yang tak terbatas. Tanpa kalian penulis tidak akan sampai disini. Semoga penulis tidak mengecewakan kalian.
2. Reni, Sahrul dan Qiqi, jangan pernah menyerah, hidup masih panjang dan banyak hal yang menanti kalian. Cilik dan Citra, terima kasih untuk semua kritikan, ejekan, dorongan dan bantuannya. Tanpa kalian apalah arti hidupku ini. Yang kudapat kalian juga dapat, kalau aku bisa kalian juga pasti bisa. Chaiyo, berjuang.
3. Bapak Ir. Murdjito, MSc. selaku dosen pembimbing atas ide, ilmu yang diberikan, dorongan semangat dan kesabaran yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Mukhtasor, MSc. selaku dosen pembimbing atas ide, ilmu yang diberikan, dorongan

semangat dan kesabaran yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.

5. Bapak Dr. Ir. P. Indiyono, MSc dan Dr. Ir. Wahyudi, MSc. selaku ketua dan sekretaris jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Prof. Dr. Ir. W.A. Pratikto, MSc. Terima kasih atas bantuannya disemester-semester awal, juga dorongan dan nasehat-nasehatnya.
7. Mas Fajar, terimakasih atas bantuan dan ilmu Minitabsnya, juga ilmu Monte Carlonya. Tanpa pelajarannya pasti TA-ku belum selesai.
8. Keluarga Ibu Asianti, Tia, Mbak Chichi, Mas Arya dan lainnya, terima kasih sudah menganggap penulis seperti keluarga sendiri. Terima kasih atas segala bantuan, bimbingan dan kasih sayangnya, juga jalan-jalannya.
9. Teman-temanku, Mamah (jangan nangis lagi ya ?), Tia (aku tetap adik kecilmu khan ?), Indah (ayo senamnya dilanjutin) , Diah (terima aja mas Bay-nya) dan Milka (terima kasih untuk CADnya), terima kasih atas bantuan kalian. Terima kasih untuk bantuan tugas, kuis, ujian dan yang lainnya terutama gambar. A friend in need is a friend indeed, which are you girls. Thank you.

10. Teman-teman TA-ku, Budi, Teddi, Mamad dan Tia, kita sudah melalui semuanya teman, selamat untuk kalian semua. Aryo, jangan menyerah teruslah berusaha, Lidya dan Ari, ayo kita wisuda bareng biar seru, Sindhu, Donny, Agus, Willy, Panggi, Yusuf, Teguh, Daffi, Budi, Mas Da'in, Wiyono, cepetan selesaikan TA-nya, jangan malas-malasan. Nuril, Didik, Satriyanto, Iza (terima kasih bantuannya Za), sering-sering main kekampus. Bambang, Djat, Bun², Lalu, Sulung, Rendra, Destra, Dikor dan yang lain sing isik krasan cepetan gak bosen tha ? Medi, Ro'uf, Jenik, Lilik, suwun wis dikancani, Lexi makasih printernya (nggak rusak khan ?), teman-teman angk. '99 dan yang lain yang nggak disebut, kalian tahu siapa dan apa yang kalian lakukan untukku, terima kasih, thank you.

DAFTAR ISI

Abstrak

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Permasalahan	I-3
1.3. Tujuan Penelitian	I-3
1.4. Manfaat Penelitian	I-3
1.5. Batasan Masalah	I-4
1.6. Sistematika Penulisan	I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA dan DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka	II-1
2.2. Landasan Teori	II-3
2.2.1. Angin	II-3
2.2.2. Gelombang	II-5
2.2.3. Arus di Dekat Pantai.....	II-9
2.2.4. Pasang Surut.....	II-13
2.2.5. Sedimentasi.....	II-14
2.2.5.1.Sifat Sedimen Pantai.....	II-14
2.2.5.2.Mekanisme Transpor Sedimen	II-16

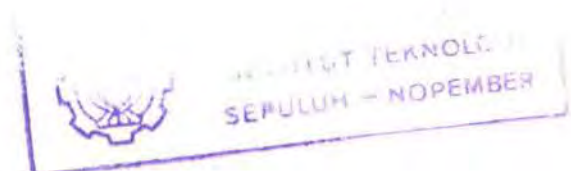
2.2.5.3. Transport Sedimen Pantai..	II-19
2.2.6. Metode Simulasi Monte Carlo.....	II-22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir.....	III-1
3.2. Penjelasan.....	III-1
3.2.1. Pengumpulan Data.....	III-1
3.2.2. Analisa Data.....	III-4
3.2.3. Validasi Metode Perhitungan.....	III-4
3.2.4. Running Simulasi Monte Carlo.....	III-5
3.2.5. Kesimpulan.....	III-5
BAB IV ANALISA DATA dan PEMBAHASAN	
4.1. Data Lingkungan.....	IV-1
4.1.1. Data Angin.....	IV-1
4.1.2. Perhitungan Gelombang.....	IV-2
4.1.3. Perhitungan Pasang Surut.....	IV-6
4.2. Perhitungan Laju Sedimentasi.....	IV-9
4.2.1. Analisa Deterministik.....	IV-9
4.2.2. Analisa probabilistik.....	IV-21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Daerah penerapan teori gelombang fungsi H/d dan d/L	II-7
Gambar 2.2. Penentuan tinggi gelombang pecah	II-8
Gambar 2.3. Penentuan kedalaman gelombang pecah	II-8
Gambar 2.4. Arus didekat pantai	II-10
Gambar 2.5. Pengaruh konsentrasi suspensi terhadap kecepatan endap	II-16
Gambar 2.6. Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang	II-18
Gambar 2.7. Perbandingan rumus transpor sedimen sepanjang pantai	II-22
Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan	III-2
Gambar 4.1. Diagram mawar angin (wind rose)	IV-2
Gambar 4.2. Grafik distribusi sebaran data gelombang	IV-4
Gambar 4.3. Deskripsi statistik dari sebaran data gelombang	IV-5
Gambar 4.4.a. Pola distribusi untuk sebaran data ketinggian air pada saat surut	IV-8
Gambar 4.4.b. Pola distribusi untuk sebaran data ketinggian air pada saat pasang	IV-8

Gambar 4.5.a. Perbandingan rumus transpor sedimen dengan arah datang gelombang dari timur.....	IV-14
Gambar 4.5.b. Perbandingan rumus transpor sedimen dengan arah datang gelombang dari timur laut.....	IV-15
Gambar 4.5.c. Perbandingan rumus transpor sedimen dengan arah datang gelombang dari utara.....	IV-15
Gambar 4.5.d. Perbandingan rumus transpor sedimen dengan arah datang gelombang dari barat laut.....	IV-16
Gambar 4.6.a. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah timur.....	IV-17
Gambar 4.6.b. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah timur laut.....	IV-17
Gambar 4.6.c. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah utara.....	IV-18
Gambar 4.6.d. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah barat laut.....	IV-18

Gambar 4.7.	Distribusi kerapatan peluang untuk Q_s Komar, Inman	IV-23
Gambar 4.8.	Deskripsi statistik dari nilai laju sedimen Komar, Inman	IV-23
Gambar 4.9.	Analisa probabilistik dari berbagai pendekatan	IV-26



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rumus Transpor Sedimen Sepanjang Pantai .	II-22
Tabel 4.1. Perhitungan Fetch efektif dan gelombang	IV-3
Tabel 4.2. Konstanta pasang surut metode Admiralty .	IV-6
Tabel 4.3.a. Perhitungan P_1 untuk berbagai arah datang gelombang	IV-9
Tabel 4.3.b. Perhitungan P_1 untuk berbagai arah gelombang datang	IV-9
Tabel 4.4.a. Perhitungan dan perbandingan laju sedimen arah timur	IV-10
Tabel 4.4.b. Perhitungan dan perbandingan laju sedimen arah timur laut	IV-11
Tabel 4.4.c. Perhitungan dan perbandingan laju sedimen arah utara	IV-11
Tabel 4.3.d. Perhitungan dan perbandingan laju sedimen arah barat laut	IV-12
Tabel 4.5. Perbandingan masing-masing pendekatan .	IV-13
Tabel 4.6. Parameter yang digunakan dalam analisa probabilistik	IV-21
Tabel 4.7. Distribusi peluang untuk berbagai rumus laju sedimen	IV-24
Tabel 4.8. Hasil analisa statistik dari berbagai pendekatan	IV-25

DAFTAR NOTASI

H	: Tinggi Gelombang
L	: Panjang Gelombang
T	: Periode Gelombang
c	: Kecepatan Rambat Gelombang
g	: Percepatan Gravitasi
d	: Kedalaman Laut
H_b	: Tinggi Gelombang Pecah
d_b	: Kedalaman Gelombang Pecah
v	: Kecepatan Arus Sepanjang Pantai
α_b	: Sudut Datang Gelombang Pecah
ρ	: Rapat Massa Air Laut
d_s	: Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai
P_1	: Komponen Fluks Energi Gelombang Sepanjang Pantai Pada Saat pecah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendangkalan atau sedimentasi merupakan salah satu permasalahan di daerah pantai dan pelabuhan yang harus dihadapi dan dicari pemecahannya. Sedimentasi disebabkan oleh banyak faktor, baik itu faktor lingkungan maupun faktor lain diluar lingkungan pantai. Sedimen pantai dapat berasal dari erosi pantai itu sendiri, dari material daratan yang dibawa oleh arus sungai, dan dari laut dalam yang terbawa gelombang ke daerah pantai.

Wilayah pantai merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk berbagai aktifitas manusia, seperti sebagai kawasan pemukiman, industri, pariwisata, pelabuhan, pertambakan, dan lain sebagainya. Adanya berbagai aktifitas manusia ini bisa juga menyebabkan timbulnya sedimentasi atau pendangkalan di daerah pantai. Sedimentasi yang timbul tidak hanya merusak pemandangan, akan tetapi juga mengurangi fungsi pantai dan bangunan-bangunan pantai lainnya. Masalah sedimentasi ini bisa juga muncul karena adanya



ketidakseimbangan alam dari lingkungan pantai itu sendiri.

Laju transport sedimen sangat dipengaruhi oleh gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi arus, serta bathimetri pantai. Untuk mengetahui laju transport sedimen disuatu kawasan pantai perlu dilakukan analisa dan pengukuran secara kontinyu dan berkesinambungan. Dari pengukuran dilapangan yaitu didaerah pantai Tanjung Awarawar, Tuban, Jawa Timur didapatkan hasil perkiraan laju sedimentasi antara $350.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$ hingga $2.300.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Disini bisa dilihat perbedaan *range* hasil pengukuran yang sangat besar sehingga perlu diadakan suatu perbandingan metode perhitungan yang paling sesuai dengan *range* pengukuran. Selain itu dengan *range* yang lebar perlu diketahui pola sebaran/distribusi yang sesuai untuk Tanjung Awarawar, Tuban. Dengan menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo dilakukan analisa probabilistik untuk menentukan distribusi laju sedimentasi di Tanjung Awarawar.



1.2. Permasalahan

Permasalahan yang akan diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana mendapatkan perbandingan model perhitungan laju sedimentasi yang sesuai untuk studi kasus tanjung Awarawar.
2. Bagaimana melakukan analisa probabilistik untuk menentukan distribusi laju sedimentasi di Tanjung Awarawar.

1.3. Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang ada diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Membandingkan beberapa model perhitungan laju sedimentasi untuk kasus Tanjung Awarawar.
2. Melakukan analisis probabilistik untuk menentukan distribusi laju sedimentasi di Tanjung Awarawar.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari analisa dalam Tugas Akhir ini adalah mengetahui validitas metode pengukuran laju sedimentasi untuk kasus Tanjung Awarawar dan mendapatkan distribusi laju sedimentasi berdasarkan analisa probabilistik dengan menggunakan metode Simulasi Monte Carlo.



1.5. Batasan Masalah

Agar lebih memudahkan analisa dan dapat dicapai suatu tujuan yang diharapkan, maka perlu batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan hanya di daerah Tanjung Awarawar, Tuban, Jawa Timur.
2. Metode analisis probabilistik yang digunakan adalah metode Simulasi Monte Carlo.
3. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari instansi atau sumber-sumber lain yang ada di Indonesia.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Bab I. Pendahuluan, bab pembuka ini akan menjelaskan latar belakang yang mendukung penulis untuk melakukan penelitian mengenai tema yang diangkat dalam Tugas Akhir. Bab ini juga menjelaskan tentang perumusan masalah yang dihadapi dan tujuan serta manfaat yang akan dicapai. Untuk membatasi permasalahan agar tidak meluas, diberikan batasan masalah. Selanjutnya agar penyusunan Tugas Akhir ini sistematis maka disertakan juga sistematika penulisan Tugas Akhir.



Bab II. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori, bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang berkenaan dengan tema masalah yang diangkat dan berpedoman pada buku-buku, paper, artikel, penelitian dan berbagai sumber lainnya yang berhubungan dengan tema penelitian yang diangkat yaitu mengenai laju sedimentasi.

Bab III. Metodologi Penelitian, bab ini akan menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Adapun metodologi ini berisi tentang langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir yang meliputi studi literatur, pengumpulan data-data awal, analisa data, melakukan perhitungan untuk tiap-tiap rumus, membandingkan hasil perhitungan, pemodelan dan penentuan parameter yang akan digunakan, running program Simulasi Monte Carlo, dan terakhir adalah mengambil kesimpulan dari hasil pengerjaan Tugas Akhir ini.

Bab IV. Analisa Data dan Pembahasan, pada bab ini berisi spesifikasi data yang akan digunakan dalam penelitian yaitu data gelombang, data-data sedimentasi, dan data-data lingkungan lainnya yang mendukung. Setelah proses perhitungan selesai, langkah berikutnya adalah memperbandingkan hasil pengukuran dilapangan



dengan hasil perhitungan rumus untuk melakukan validasi metode perhitungan. Selanjutnya dilakukan running Metode Simulasi Monte Carlo untuk analisa probabilistik guna menentukan distribusi laju sedimentasi.

Bab V. Kesimpulan dan Saran, bab ini menjelaskan mengenai hasil dan kesimpulan yang dapat ditarik setelah dilakukan penelitian sehubungan dengan masalah yang telah ditentukan pada bab I. Juga diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya untuk meredam energi gelombang yang datang. Penyesuaian ini merupakan bentuk tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Seringkali pertahanan alami pantai ini tidak dapat menghalangi gelombang yang datang sehingga pantai mengalami erosi yang cukup besar dan tidak dapat kembali ke bentuk semula dalam waktu yang singkat (B. Triatmodjo, 1999).

Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *littoral transport sediment* yang didefinisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus. Pada umumnya gelombang dengan kemiringan besar menggerakkan material ke arah laut, dan gelombang kecil dengan periode panjang menggerakkan material ke arah darat. Arah transpor sedimen sepanjang pantai sesuai dengan arah gelombang datang dan sudut antara puncak gelombang dan garis pantai. Oleh karena itu, karena arah datang gelombang selalu berubah maka arah transpor sedimen juga berubah dari musim kemusim,



hari kehari, atau dari jam ke jam. Laju transpor sedimen sepanjang pantai tergantung pada sudut datang gelombang, durasi dan energi gelombang (B. Triatmodjo, 1999).

Suatu pantai mengalami erosi, akresi (sedimentasi) atau tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk (suplai) dan yang meninggalkan pantai tersebut. Erosi pantai terjadi apabila disuatu pantai yang ditinjau mengalami kehilangan/pengurangan sedimen, artinya sedimen yang terangkut lebih besar dari yang diendapkan (Sorensen, 1978). Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus kearah pantai. Sifat-sifat sedimen pantai adalah sangat penting didalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Diantara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran partikel adalah yang paling penting.



2.2. Landasan Teori

2.2.1. Angin

Gelombang dilaut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang *tsunami* dan sebagainya. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk garis pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Angin yang berhembus diatas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan air, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus, akhirnya terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk. Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh angin yang meliputi kecepatan angin U , lama hembus angin D , arah angin, dan *fetch* F . *Fetch* adalah daerah dimana kecepatan dan arah angin adalah konstan.



Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data dipermukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung diatas permukaan laut atau pengukuran didarat didekat lokasi peramalan yang kemudian *dikonversi* menjadi data angin dilaut. Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam tabel. Karena jumlah data angin yang sangat besar, maka harus diolah dan disajikan dalam bentuk tabel (ringkasan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin (*windrose*). Dengan tabel atau mawar angin tersebut maka karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat.

Hubungan antara angin diatas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh :

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.1)$$

Setelah dilakukan berbagai *konversi* kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut :

$$U_A = 0.7U^{1.23} \quad (2.2)$$

Dimana : U_W = kecepatan angin diatas daratan

U_L = kecepatan angin diatas laut

U_A = kecepatan angin dalam m/d



Didalam peninjauan pembangkitan gelombang dilaut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Didaerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.3)$$

Dimana :

F_{eff} : fetch rerata efektif

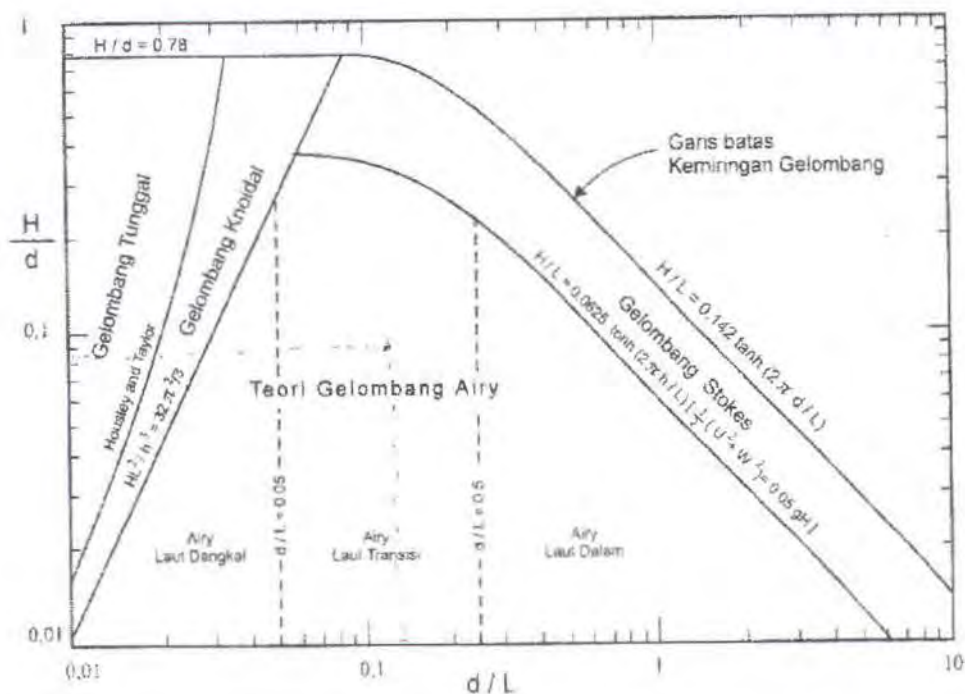
X_i : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir fetch

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi arah angin.

2.2.2. Gelombang

Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Kecepatan dan percepatan air merupakan fungsi dari tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), kedalaman perairan (d), jarak partikel dari dasar laut (z) dan waktu (t). Penentuan teori gelombang disesuaikan dengan grafik validitas teori gelombang berdasarkan parameter H/d dan d/L (Triatmodjo, 1999).



Gambar 2.1 . Daerah penerapan teori gelombang fungsi: H/d dan d/L .

Perhitungan panjang gelombang pada perairan tertentu secara teoritis dapat dihitung dengan rumusan berikut :

$$L_0 = gT^2/2\pi = 1.56 T^2 \quad (2.4)$$

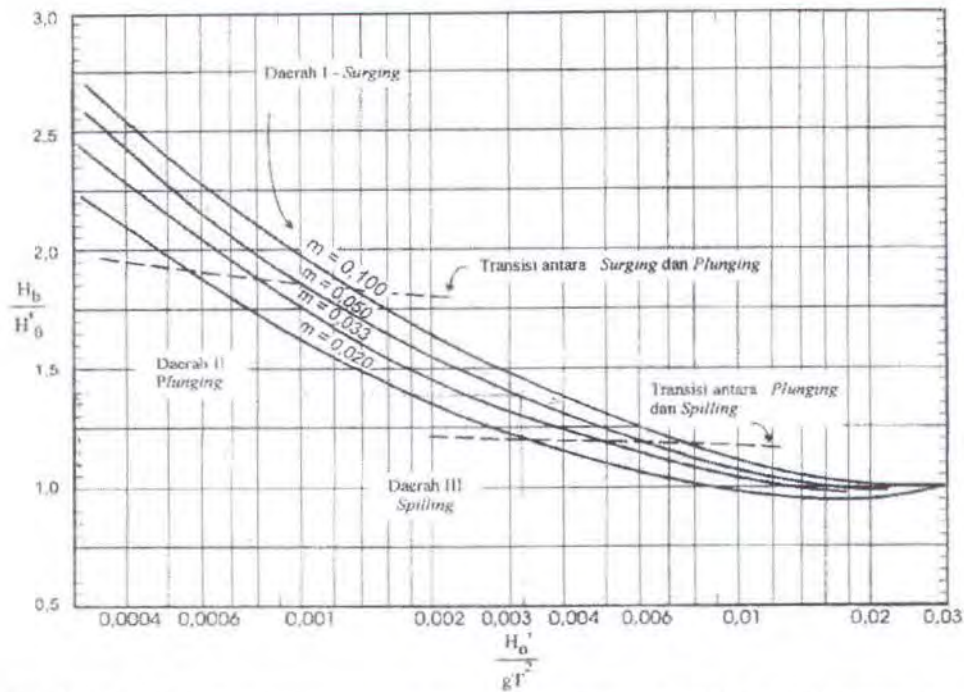
Dimana : L_o = panjang gelombang dilaut dalam

g = percepatan gravitasi

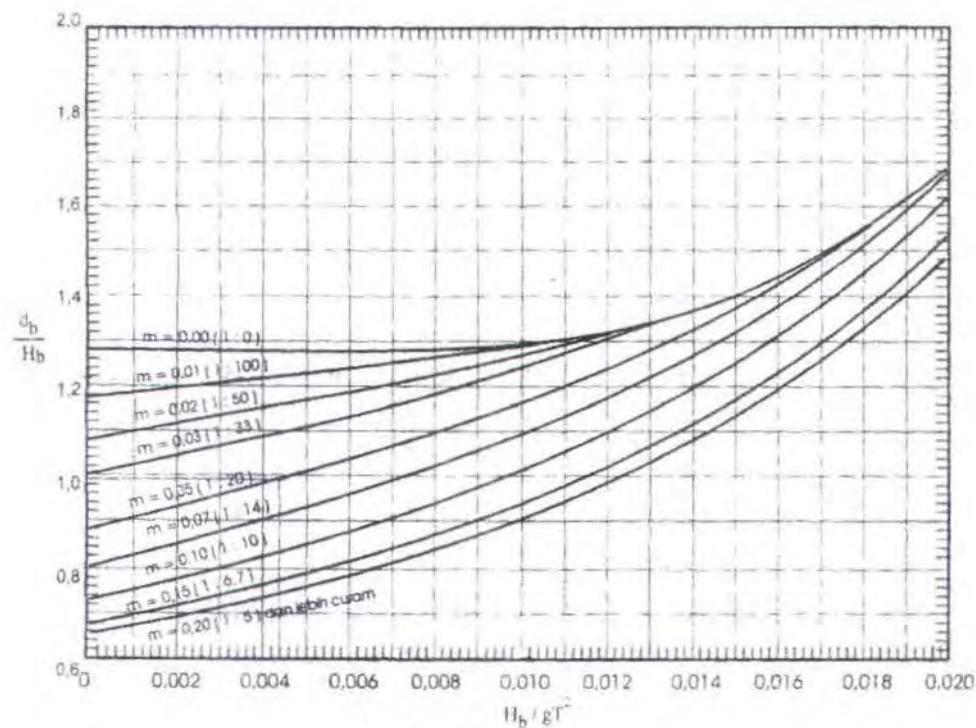
T = periode gelombang



Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada suatu kedalaman tertentu. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah d_b . Tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . Iversen, Galvin, Goda (CERC, 1984) membuktikan bahwa H_b/H_o' dan d_b/H_b tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang yang ditunjukkan dalam dua grafik. Grafik pertama menunjukkan hubungan antara H_b/H_o' dan H_o/L_o , sedangkan grafik kedua menunjukkan hubungan antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar laut.



Gambar 2.2. Penentuan tinggi gelombang pecah (Triatmodjo, 1999)



Gambar 2.3. Penentuan kedalaman gelombang pecah



2.2.3. Arus di Dekat Pantai

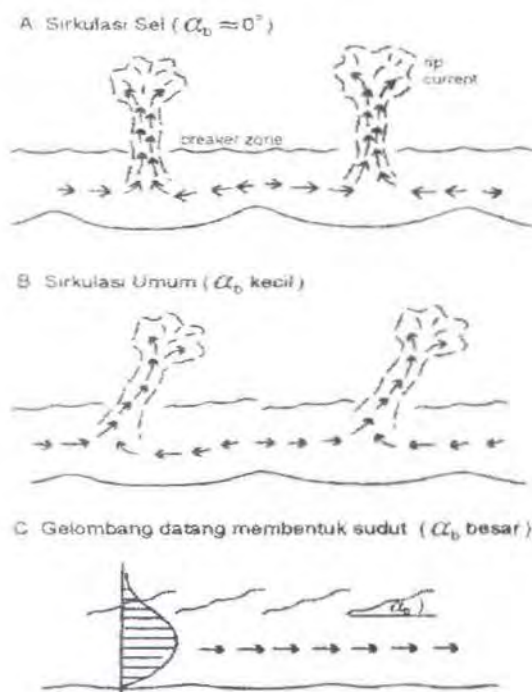
Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. *Transpor massa* dan momentum tersebut menimbulkan arus didaerah dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkannya berbeda. Daerah yang dilintasi gelombang tersebut adalah *offshore zone*, *surf zone*, dan *swash zone*. Diantara ketiga daerah tersebut, karakteristik gelombang di *surf zone* dan *swash zone* adalah yang paling penting didalam analisis proses pantai. Arus yang terjadi pada daerah tersebut sangat tergantung pada arah datang gelombang.

Ada dua sistem arus yang disebabkan oleh gelombang didaerah *nearshore zone* yang mendominasi gerakan air selain gerakan yang disebabkan oleh gelombang secara langsung (Komar, 1976), yaitu :

- a. Sirkulasi sel dengan *rip current* dan *longshore current* yang berasosiasi dengannya.
- b. *Longshore current* yang dihasilkan oleh *oblique wave* yang menjalar kearah pantai.

Apabila garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai, maka akan terjadi arus dominan dipantai berupa

sirkulasi sel dengan *rip current* yang menuju kelaut Gbr 2.1.a. Kejadian ekstrim lainnya terjadi apabila gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai ($\alpha_b > 5^\circ$), yang akan menimbulkan arus sejajar pantai disepanjang pantai, Gbr 2.1.c. Sedang yang biasanya terjadi adalah kombinasi dari kedua kondisi tersebut, Gbr 2.1.b.



Gambar 2.4. Arus didekat pantai (Triatmodjo, 1999)

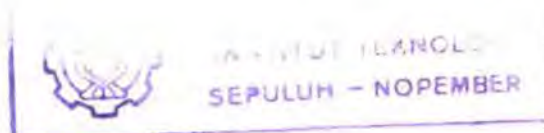
Sirkulasi sel dengan *rip current* terjadi karena adanya variasi sepanjang pantai dari tinggi gelombang pecah. Gelombang yang pecah pada pantai yang miring akan menyebabkan terjadinya kenaikan gelombang (*wave setup*) dipantai, yang menaikkan elevasi muka air diatas



elevasi muka air diam. Kenaikan gelombang disepanjang pantai adalah tidak sama. Hal ini dapat menyebabkan kemiringan muka air disepanjang pantai yang dapat menimbulkan aliran air disepanjang pantai menuju ketempat dengan muka air lebih rendah. Tempat ini merupakan pertemuan arus sepanjang pantai yang berasal dari sebelah kiri dan kanannya. Sesuai dengan hukum kontinuitas, maka massa air yang menuju ketempat tersebut dibelokkan kembali kearah laut yang membentuk arus yang dikenal dengan *Rip Current*. *Rip current* terjadi pada tempat dimana tinggi gelombang pecah adalah kecil.

Perbedaan tinggi gelombang pecah disepanjang pantai ini dapat dijelaskan oleh studi *refraksi* pada daerah yang mempunyai garis kontur tidak teratur. Arus sejajar pantai dimulai dari lokasi penguncupan garis *orthogonal*, sedang *rip current* terjadi pada daerah dimana garis *orthogonal* menyebar.

Pada suatu pantai yang panjang dapat terjadi beberapa sirkulasi sel, yang tergantung pada kondisi topografi didaerah tersebut. Komponen-komponen dari sirkulasi sel adalah transpor massa air ke arah darat yang terjadi pada waktu gelombang pecah, arus sejajar pantai, dan





rip current. Rip current ini mempunyai kecepatan yang sangat besar sehingga dapat menyebabkan terbawanya sedimen pantai.

Sedangkan *Longshore Current* adalah arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi didaerah antara gelombang pecah dan garis pantai (Triatmodjo, 1999).

Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai dibangkitkan oleh momentum yang dibawa oleh gelombang. Longuet-Higgins (Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai berikut ini :

$$V = 1,17(gH_b)^2 \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.5)$$

Dengan :

V = kecepatan arus sepanjang pantai

g = percepatan gravitasi

H_b = tinggi gelombang pecah

α_b = sudut datang gelombang pecah

Arus sejajar pantai yang diberikan Persamaan (2.5) dapat mengangkut sedimen yang telah digerakkan



(dierosi) oleh gelombang, dan terus terbawa sepanjang pantai. Sedimen yang terangkut tersebut dikenal dengan transpor sedimen sepanjang pantai.

Kriteria gelombang pecah yang dinyatakan dengan γ_b menunjukkan bahwa gelombang sudah pecah apa belum waktu gelombang bergerak mendekati pantai. Kriteria gelombang pecah dinyatakan sebagai berikut :

$$\gamma_b = \frac{H_{br}}{h_{br}} \quad (2.6)$$

Nilai dari γ_b dipengaruhi oleh kemiringan bentuk gelombang, kedalaman air dan kelandaian pantai.

2.2.4. Pasang Surut

Didalam penentuan dan perhitungan laju sedimentasi salah satu faktor yang tidak kalah pentingnya adalah faktor perubahan muka air karena naik dan turunnya elevasi muka air laut. Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda dilangit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air laut dalam jumlah sangat besar.



Perubahan pasang surut tidak berpengaruh langsung pada laju sedimentasi. Pasang surut mempengaruhi elevasi tinggi gelombang yang membawa material sedimen dari dan menuju kearah pantai. Selain itu pasang surut juga berpengaruh pada kecepatan dan arah arus. Arus yang ditimbulkan oleh pasang surut cukup kuat untuk membawa material sedimen dalam jumlah yang cukup besar. Dengan demikian pengaruh pasang surut tidak bisa diabaikan begitu saja.

2.2.5. Sedimentasi

2.2.5.1. Sifat-sifat Sedimen Pantai.

Sifat-sifat sedimen pantai adalah sangat penting didalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya.

- Distribusi ukuran butir biasanya dianalisis dengan saringan dan dipresentasikan dalam bentuk kurva prosentase berat kumulatif. Pada umumnya distribusi ukuran butiran pasir mendekati distribusi log normal, sehingga sering digunakan pula skala satuan phi.

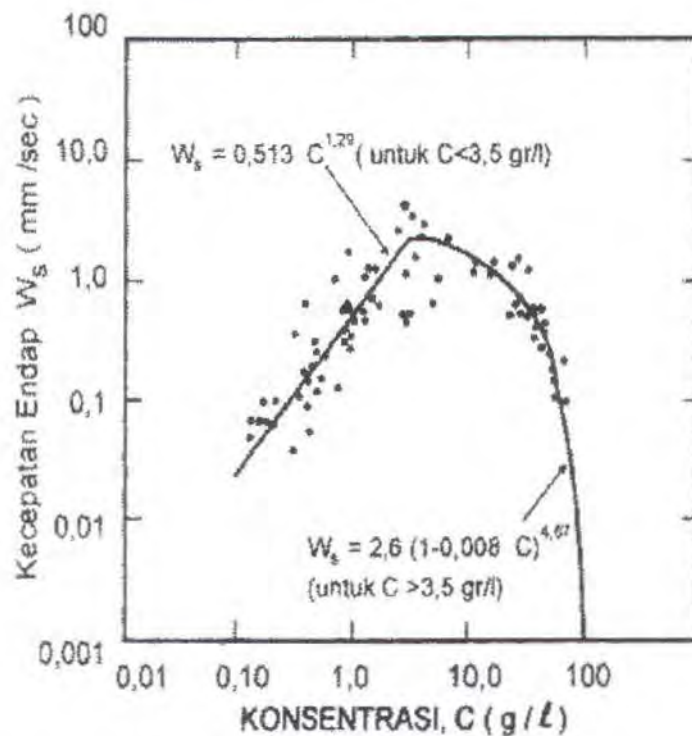
$$\phi = -\log_2 D \quad (2.7)$$



- Kecepatan endap butirs sedimen juga perlu didalam mempelajari mekanisme transpor sedimen, terutama untuk sedimen suspensi. Untuk sedimen kohesif, seperti pasir, kecepatan endap dipengaruhi oleh rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Sedangkan untuk sedimen kohesif, kecepatan endap dipengaruhi oleh banyak faktor seperti konsentrasi sedimen suspensi, salinitas, dan diameter partikel. Konsentrasi suspensi adalah parameter paling penting dalam proses flokulasi, yang berarti juga pada kecepatan endap.
- Rapat massa ρ adalah massa tiap satuan volume, sedang berat jenis γ adalah berat tiap satuan volume. Terdapat hubungan antara berat jenis dan rapat massa, yang mempunyai bentuk $\gamma = \rho g$. Rapat massa atau berat jenis sedimen merupakan fungsi dari komposisi mineral. Rapat relatif adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4°. rapat massa air pada temperatur tersebut adalah 1000 kg/m³. Rapat relatif pasir adalah sekitar 2,65. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada



konsentrasi endapan. Konsentrasi endapan dipengaruhi oleh waktu konsolidasi.



Gambar 2.5. Pengaruh konsentrasi suspensi terhadap kecepatan endap (Triatmodjo, 1999)

2.2.5.2. Mekanisme Transpor Sedimen Oleh Gelombang

Dilaut dalam, gerak partikel air karena gelombang jarang mencapai dasar laut. Sedang dilaut dangkal, partikel air didekat dasar bergerak naik dengan bertambahnya tinggi gelombang dan berkurang dengan kedalaman. Didalam mempelajari transpor sedimen, kecepatan partikel air didekat dasar (u_b) dinyatakan dalam bentuk tegangan geser τ_b . Hubungan antara



tegangan geser dan kecepatan partikel air dinyatakan dalam bentuk :

$$\tau_b = \rho u_*^2 \quad (2.8)$$

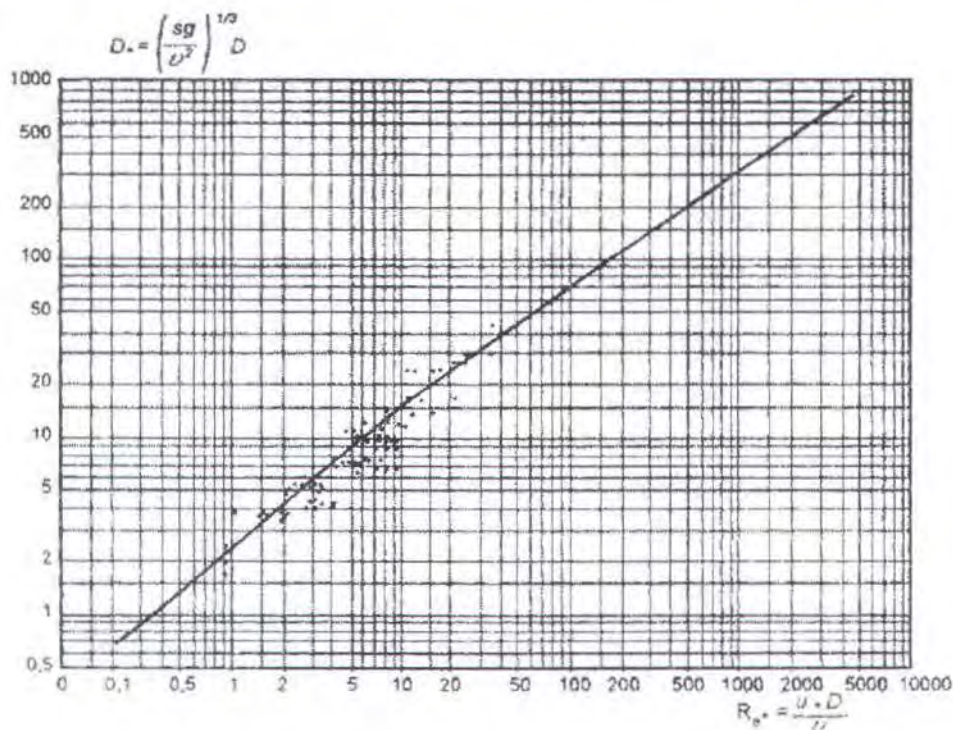
dengan : $u_* = \sqrt{f/2u_b}$ (2.9)

Dimana ρ adalah rapat masa air, u^* adalah kecepatan geser dan f adalah faktor gesekan. Kecepatan partikel air didekat dasar atau yang dinyatakan dalam bentuk tegangan geser tersebut berusaha untuk menarik sedimen dasar. Sementara itu sedimen dasar memberikan tahanan yang dinyatakan dalam bentuk kecepatan kritik erosi atau tegangan kritik erosi. Kedua parameter tersebut tergantung pada sifat dasar seperti diameter, bentuk dan rapat massa sedimen untuk sedimen non-kohefif (pasir) dan kohefifitas antara partikel untuk sedimen kohefif (lumpur, lempung).

Sedimen bergerak maju mundur sesuai dengan gerak partikel air. selanjutnya kenaikan kecepatan dapat mempercepat gerak tersebut, dan transpor sedimen yang terjadi disebut transpor dasar (*bed load*). Dengan semakin bertambahnya kecepatan didekat dasar, gerak partikel sedimen semakin kuat dan kemudian sedimen membentuk *ripple*, yaitu dasar laut bergelombang kecil dengan puncaknya tegak lurus arah gelombang. Ukuran



ripple tergantung pada amplitudo dan periode dari gerak air didekat dasar, ukuran butir dan rapat massa material dasar (Horikawa, 1978). Dengan terbentuknya *ripple* akan meningkatkan turbulensi, dan partikel sedimen akan terangkat dalam bentuk suspensi. Transpor sedimen dalam bentuk suspensi diatas dasar disebut transpor sedimen suspensi. Apabila gerak air semakin kuat, *ripple* akan menghilang dan terjadi transpor massa dimana suatu lapis dengan tebal tertentu terangkut dalam bentuk transpor sedimen dasar dan suspensi.



Gambar 2.6. Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang (Triatmodjo, 1999)



2.2.5.3. Transport Sedimen Pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai adalah gerakan sedimen didaerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pantai dibagi menjadi dua yaitu :

1. Angkutan sedimen menuju-meninggalkan pantai

Angkutan sedimen menuju-meninggalkan pantai adalah angkutan sedimen tegak lurus garis pantai., ditentukan terutama oleh gelombang, ukuran butir sedimen, dan kemiringan pantai. Angkutan sedimen ini biasanya terjadi dalam waktu yang relatif singkat seperti proses angkutan sedimen tegak lurus yang dikaitkan oleh terjadinya gelombang pasang (*storm waves*).

2. Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai adalah suatu angkutan sedimen yang sejajar dengan garis pantai, merupakan hasil dari terangkatnya (*suspensi*) butir-butir material pantai (pasir) oleh adanya *turbulensi* yang diakibatkan oleh adanya gelombang pecah. Sedimen tersebut kemudian digerakkan oleh kedua komponen yaitu energi gelombang dalam arah sejajar pantai dan arus yang sejajar pantai yang dibentuk oleh gelombang pecah.



Arah dari sedimen transport sejajar pantai ini dipengaruhi langsung oleh arah gelombang atau sudut yang dibentuk oleh puncak gelombang (*wave crest*) dengan garis pantai. Biasanya *longshore transport* ini memegang peranan penting dalam perubahan garis pantai dalam jangka panjang. Rumus yang ada untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasarkan data pengukuran model dan prototip pada pantai berpasir. Sebagian rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk :

$$Q_s = K P_1^n \quad (2.10)$$

$$P_1 = (\rho g / 8) H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.11)$$

Dimana :

Q_s : angkutan sedimen sepanjang pantai ($m^3/hari$)

P_1 : komponen *fluks* energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ($Nm/d/m$)

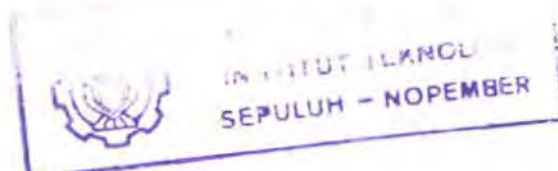
ρ : rapat massa air laut (kg/m^3)

H_b : tinggi gelombang pecah (m)

C_b : cepat rambat gelombang pecah (m/d) = $\sqrt{gd_b}$

α_b : sudut datang gelombang pecah

K, n : konstanta





Selain CERC, beberapa peneliti lainnya juga mengusulkan rumus untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai, seperti diberikan dalam Tabel 2.1. dalam rumus-rumus tersebut satuan Q_s adalah $m^3/hari$, sedang P_1 mempunyai satuan $ton\ m/hari/m$. Diantara rumus-rumus yang lain, rumus CERC adalah rumus yang paling banyak digunakan. Untuk penggunaannya di Indonesia konstanta yang ada pada persamaan tersebut perlu ditetapkan berdasar data lapangan.

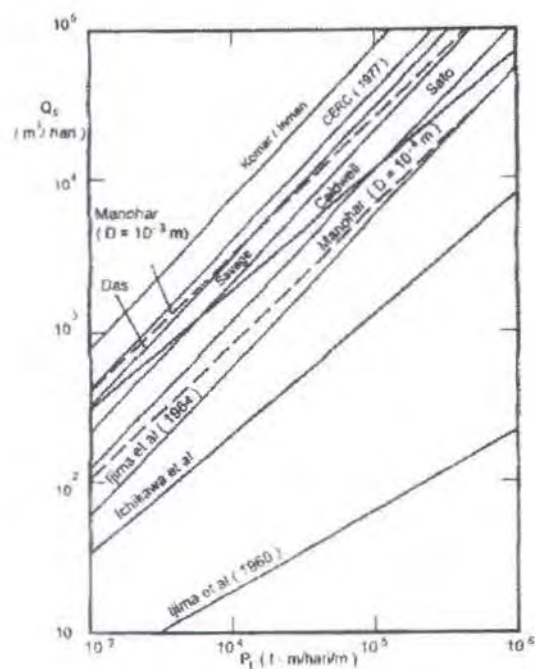
Gbr 2.4. memberikan perbandingan dari masing-masing rumus transpor sedimen sepanjang pantai. Terlihat bahwa masing-masing rumus memberikan perbedaan yang cukup besar. Rumus CERC (dan rumus yang lain) memberikan transpor sedimen pada lebar *surf zone*, dimana tranpor sedimen terjadi, tidak dapat diketahui. Hal ini menyebabkan terbatasnya pemakaian rumus tersebut pada pantai yang mempunyai groin pendek. Selain itu rumus CERC tidak memperhitungkan sifat-sifat sedimen dasar. Rumus tersebut diturunkan untuk pantai yang terdiri dari pasir agak seragam dengan diameter rerata bervariasi dari 0,175 mm sampai 1 mm. Oleh karena itu rumus tersebut bisa digunakan untuk pantai lain yang memiliki sedimen dengan sifat serupa.



Tabel 2.1. Beberapa rumus transpor sedimen sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999)

No.	Nama	Rumus
1.	Caldwell	$Q_s = 1,200P_1^{0.8}$
2.	Savage	$Q_s = 0,219P_1$
3.	Ijima, Sato, Aono, Ishii	$Q_s = 0,130P_1^{0.54}$
4.	Ichikawa, Achiai, Tomita, Murobuse	$Q_s = 0,130P_1^{0.8}$
5.	Ijima, Sato	$Q_s = 0,060P_1$
6.	Tanaka	$Q_s = 0,120P_1$
7.	Komar, Inman	$Q_s = 0,778P_1$
8.	Das	$Q_s = 0,325P_1$
9.	CERC	$Q_s = 0,401P_1$

Q_s ($m^3/hari$) P_1 (ton m/hari/m)



Gambar 2.7. Perbandingan rumus transpor sedimen sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999)



2.2.6. Metode Simulasi Monte Carlo

Kita dapat mempelajari suatu sistem dengan membuat percobaan fisik menggunakan model yang mewakili keadaan sebenarnya. Percobaan dengan menggunakan model diasumsikan dengan simulasi untuk mencari tahu sifat-sifat sistem yang sesungguhnya. Simulasi pada umumnya didefinisikan sebagai proses meniru keadaan sebenarnya untuk mendapatkan asumsi-asumsi. Dalam praktek, simulasi secara teori dilakukan secara numerik, yang sekarang menjadi suatu metode yang populer untuk menganalisa suatu sistem dengan semakin berkembangnya teknologi komputer. Mereka juga banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu yang lainnya. Hal ini karena percobaan numerik (*numerical experiment*) memberikan hasil penyelidikan yang detail daripada model fisik, dan juga lebih murah.

Proses simulasi memperkirakan respon atau *performance* dari suatu system menggunakan nilai-nilai yang telah ditentukan untuk parameter sistem dan variabel desain. Setelah beberapa kali pengulangan, akan didapatkan sensitifitas respon sistem terhadap variasi parameter dan variabel. Oleh karenanya desain bisa dievaluasi ulang untuk mendapatkan desain yang optimal. Dalam sebuah simulasi Monte Carlo, model logis dari sebuah



sistem dianalisa secara berulang-ulang dengan nilai berbeda dari distribusi parameter. Seleksi nilai parameter dilakukan secara acak dengan peluang yang masih berhubungan dengan fungsi distribusi.

Metode Simulasi Monte Carlo digunakan jika terdapat variabel-variabel acak. Pengulangan prosedur dilakukan untuk mendapatkan beberapa nilai variabel yang berbeda yang sesuai dengan distribusi peluangnya. Dalam hal ini, beberapa solusi digunakan sehubungan dengan variasi nilai dari variabel acak. Untuk tipe *finite samples* yang umum digunakan, hasil dari Simulasi Monte Carlo mempunyai variabilitas *sampling*. Untuk melakukan simulasi Monte Carlo, terlebih dahulu harus ditentukan atau diasumsikan distribusi peluang dari variabel-variabel yang digunakan. Oleh karenanya hasil keluaran dari distribusi peluang yang telah ditentukan sebelumnya adalah sangat penting dalam proses simulasi. Proses ini disebut *deterministic* untuk satu set variabel yang telah ditentukan; hal ini akan menggambarkan hubungan antara variabel dan parameter sistem, yang menentukan respon sistem. Ketidakpastian dan hubungan acak yang seringkali terjadi, biasanya diwakili oleh variabel-variabel yang disebut distribusi.



Ketika suatu sistem yang sedang dipelajari mengandung variabel atau parameter yang memiliki nilai random, atau perubah acak, maka Metode Simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk memecahkan persoalan ini. Karakteristik pokok simulasi Monte Carlo adalah bahwa pada simulasi ini, suatu set nilai dari tiap-tiap variabel (satu nilai untuk setiap variabel) dari suatu sistem disimulasikan berdasarkan distribusi peluangnya, misalnya berdasarkan fungsi kerapatan peluang tiap-tiap variabel tersebut.

Untuk setiap set ini, respon atau kinerja sistem dihitung berdasarkan fungsi kinerja dari sistem tersebut. Perhitungan respon atau kinerja sistem ini bersifat *deterministik* untuk suatu set nilai dari setiap variabel. Prosedur ini diulang-ulang sampai diperoleh sekumpulan nilai dari respon atau kinerja sistem tersebut, sehingga pada akhir simulasi akan diperoleh sekumpulan data respon atau kinerja sistem.

Dengan Monte Carlo, simulasi dapat dilakukan tanpa harus melakukan penurunan parsial dan menyelesaikan suatu sistem persamaan simultan. Unsur pokok yang diperlukan dalam simulasi Monte Carlo adalah sebuah *random number generator (RNG)*, dimana simulasi



dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari perubah acak berdasarkan distribusi peluang perubah acak tersebut.

Sampel yang telah diambil tersebut dipakai sebagai masukan untuk menganalisa sifat, karakteristik, sebaran dan distribusi dari sistem yang dianalisa. Persoalan utama didalam simulasi Monte Carlo adalah bagaimana mentransformasikan angka acak yang dikeluarkan oleh RNG menjadi besaran fisis yang sesuai dengan fungsi kerapatan peluangnya (*f_k*). Ini disebabkan *f_k* yang dikeluarkan oleh RNG memiliki *f_k* *uniform*, sedangkan perubah dasar dalam suatu sistem seringkali tidak demikian.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

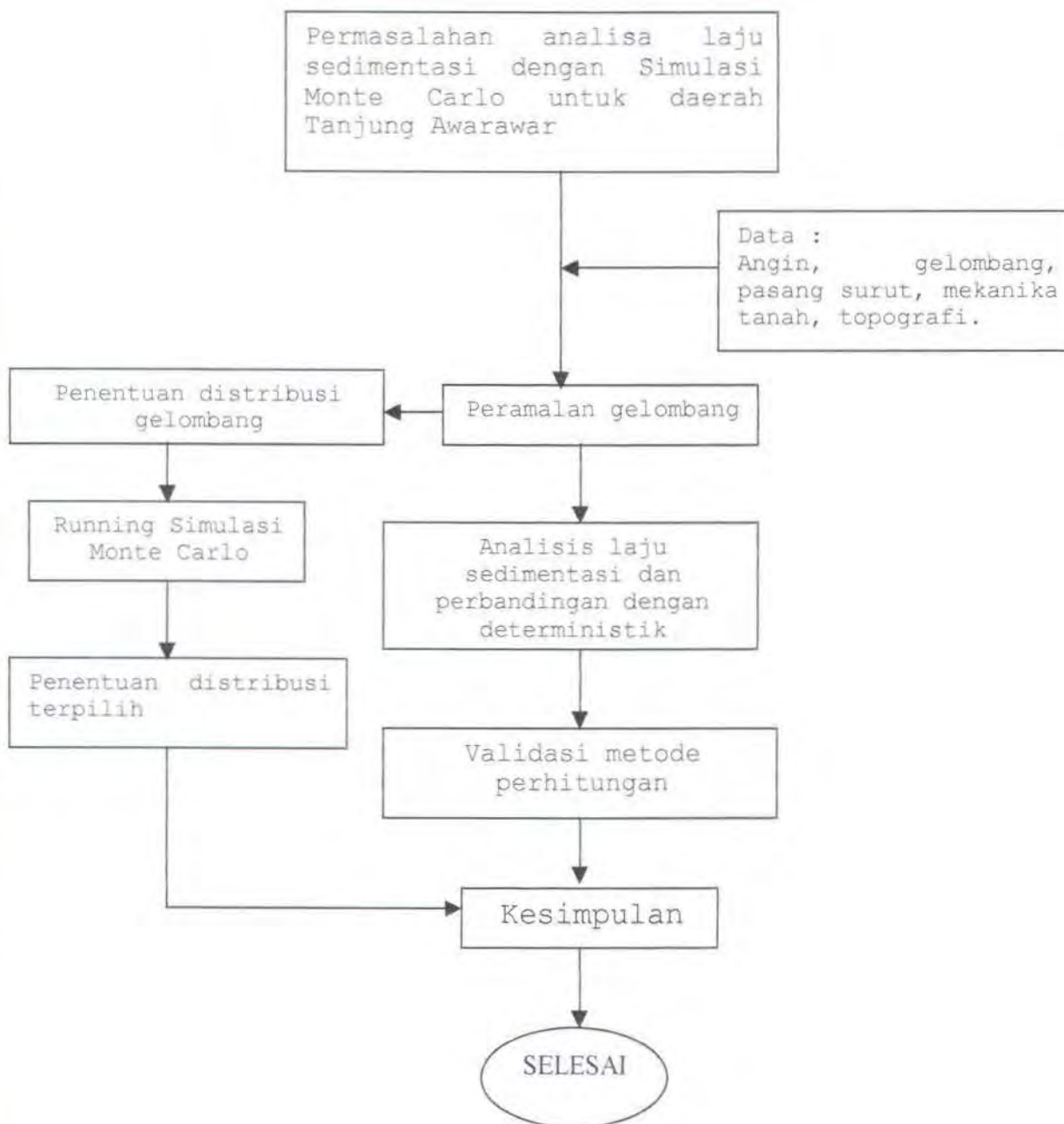
Tujuan dari tugas akhir ini adalah melakukan studi dan analisa laju sedimentasi secara deterministik dan probabilistik. Studi dilakukan dalam tiga tahap yaitu pengumpulan data, analisa dan *running* Simulasi Monte Carlo. Untuk mendapatkan hasil yang baik dan terarah, maka dibuat bagan alir dari rencana dan langkah kerja yang dilakukan, seperti terlihat dalam Gambar 3.1.

3.2. Penjelasan

Berikut ini akan dipaparkan secara singkat dari masing-masing urutan kerja yang dilakukan dalam kegiatan penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir. Adapun deskripsi yang dilakukan untuk setiap langkah yang ditempuh merupakan garis besar saja.

3.2.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam studi ini meliputi data primer dan sekunder. Data sekunder terdiri dari data angin, gelombang dan laporan pengukuran yang pernah dilakukan.



Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan



3 Angin

Data angin diperlukan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang. Data angin diperoleh dari Pelabuhan Semen Gresik Tuban.

3 Gelombang

Dalam studi ini tidak dilakukan pengukuran gelombang secara langsung mengingat kesulitan dan biaya yang besar. Selain itu pengukuran yang dilakukan dalam waktu pendek kurang bisa mewakili gelombang yang ada dilapangan. Oleh karena itu digunakan data sekunder dari data gelombang yang diperoleh dari data angin.

3 Pasang Surut

Data pasang-surut diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana. Pasang-surut akan mempengaruhi tinggi gelombang yang terjadi dilokasi. Pada waktu air surut dimana kedalaman air dilokasi kecil, gelombang yang terjadi juga kecil, dan sebaliknya pada waktu air pasang gelombang akan besar. Data pasang surut diperoleh dari laporan pengukuran selama 30 hari berturut-turut dengan interval waktu 1 jam.

3 Volume Sedimen

Dari laporan pengukuran volume sedimen dilapangan, diketahui volume sedimen adalah 350.000-2.300.000



m^3/tahun . Nilai volume sedimen yang terjadi dilapangan ini diperlukan untuk perhitungan validasi metode perhitungan sedimen.

3.2.2. Analisa Data

Pada tahap ini, data-data yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya diproses agar bisa melanjutkan ketahap berikutnya. Pada tahap ini penulis melakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin yang telah diperoleh sebelumnya. Dari hasil peramalan gelombang tersebut, untuk selanjutnya dilakukan penentuan distribusi gelombang yang sesuai dan melakukan analisa terhadap data hasil perhitungan laju sedimentasi untuk kemudian diperbandingkan.

3.2.3. Validasi Metode Perhitungan

Dari berbagai data yang ada, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan laju sedimentasi dengan menggunakan berbagai pendekatan yang dikemukakan oleh beberapa ahli. Kemudian dilakukan suatu analisa untuk membandingkan hasil dari pengukuran dilapangan dengan hasil analisa perhitungan berbagai rumus. Dari perbandingan ini akan didapatkan suatu validasi dari metode perhitungan laju sedimentasi di Tanjung Awarawar. Validasi yang nantinya digunakan adalah



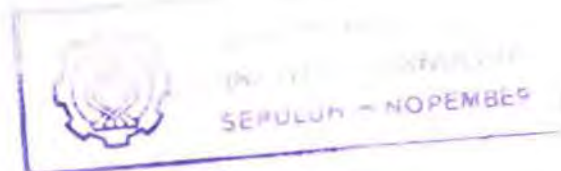
dengan menggunakan pendekatan yang paling sesuai dan mendekati hasil pengukuran dilapangan.

3.2.4. Running Simulasi Monte Carlo

Tahap berikutnya adalah menginterpretasikan laju sedimentasi hasil pengukuran dilapangan dan hasil perhitungan berbagai rumus dengan menggunakan pendekatan Simulasi Monte Carlo sehingga didapatkan distribusi laju sedimentasi (Q_s). Diharapkan dari grafik ini nantinya akan dapat dilihat besar perbedaan hasil pengukuran dilapangan dengan hasil perhitungan berbagai rumus dari berbagai ahli. Dari hasil analisa secara probabilistik akan dilakukan pemilihan distribusi dari masing-masing pendekatan.

3.2.5. Kesimpulan

Pada tahap ini akan dijelaskan hasil-hasil dari semua langkah yang telah dilakukan terutama tujuan yang telah dicapai. Dalam tahap ini akan dapat dilihat berbagai poin penting yang merupakan tujuan dari kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir. Pada bab ini juga dicantumkan beberapa saran untuk penulisan berikutnya.



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Data-data yang berhubungan dengan penelitian ini didapat dari berbagai sumber di Indonesia. Namun demikian tidak semua data yang diperlukan dapat diperoleh mengingat terbatasnya sarana dan prasarana. Oleh karena itu data yang didapat dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu data yang didapat dari pengukuran langsung (data primer) dan data yang didapat dari instansi atau sumber-sumber lain yang ada di Indonesia (data sekunder). Data yang diperoleh meliputi antara lain :

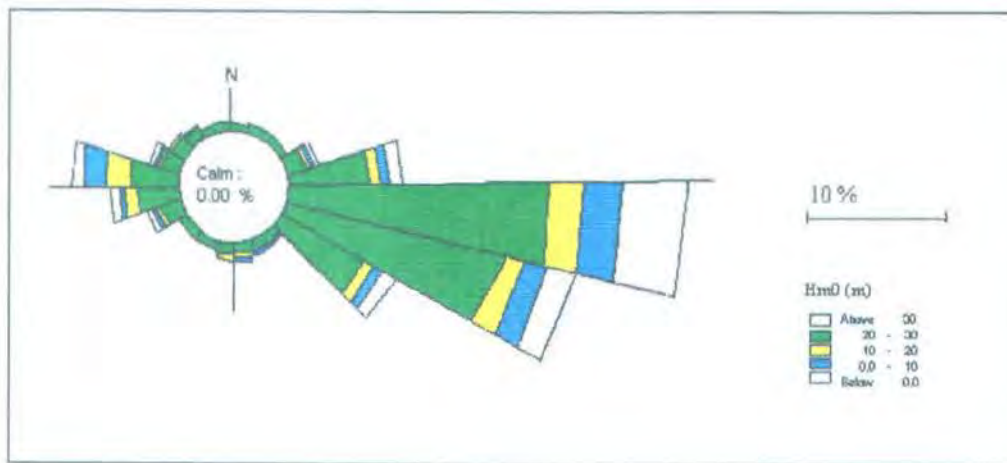
4.1. Data Lingkungan

4.1.1. Data Angin

Data angin disini tidak diadakan pengukuran langsung, data diperoleh dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika yang ada di Jawa Timur, yaitu dari Pelabuhan Semen Gresik Tuban. Data ini memperlihatkan kecepatan angin rata-rata perjam dalam satu hari (harian). Data angin ini mempunyai kualitas yang cukup baik dalam arti data ini menunjukkan data kecepatan angin dan arahnya dalam segala arah sehingga bisa dibuat *windrose* (distribusi



arah dan kecepatan angin dalam bentuk diagram mawar angin).



Gambar 4.1. Diagram mawar angin (wind rose)

4.1.2. Perhitungan Gelombang

Karena tidak ada atau tidak diperolehnya data gelombang, maka kondisi gelombang atau iklim gelombang di daerah penelitian didapatkan dengan metode peramalan gelombang. Gelombang diramalkan dengan metode *Hindcasting* yang didasarkan pada data angin yang didapat. Faktor lain yang harus ditentukan terlebih dahulu adalah panjang *Fetch* efektif. Panjang *fetch* efektif adalah suatu daerah dimana kecepatan angin dan arahnya adalah konstan. Angin bergerak diatas permukaan laut, membentuk gelombang diatas permukaan laut tidak hanya bergerak diarah angin saja, tetapi juga bergerak ke beberapa arah sampai dengan arah 45° dibagian kiri



dan kanan arah angin yang ada. Oleh karena itu dalam menentukan panjang *fetch*, suatu titik tertentu diletakkan pada daerah laut dalam dan 14 garis radial dibentuk dari titik tersebut dengan interval 6° , dibatasi oleh sudut yang tidak lebih dari 45° pada samping kiri dan kanan arah angin.

Panjang dari setiap garis radial itu adalah sesuai panjang arah angin yang diukur dan dikalikan dengan *cosinus* dari sudut diantara garis radial dan arah angin. Besaran-besaran yang dihasilkan untuk setiap garis radial dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah *cosinus* dari setiap garis radial tersebut. Tabel 4.1. menguraikan besar *Fetch* efektif dan tinggi dan periode gelombang dari berbagai arah datang angin dominan berdasarkan perhitungan *fetch*.

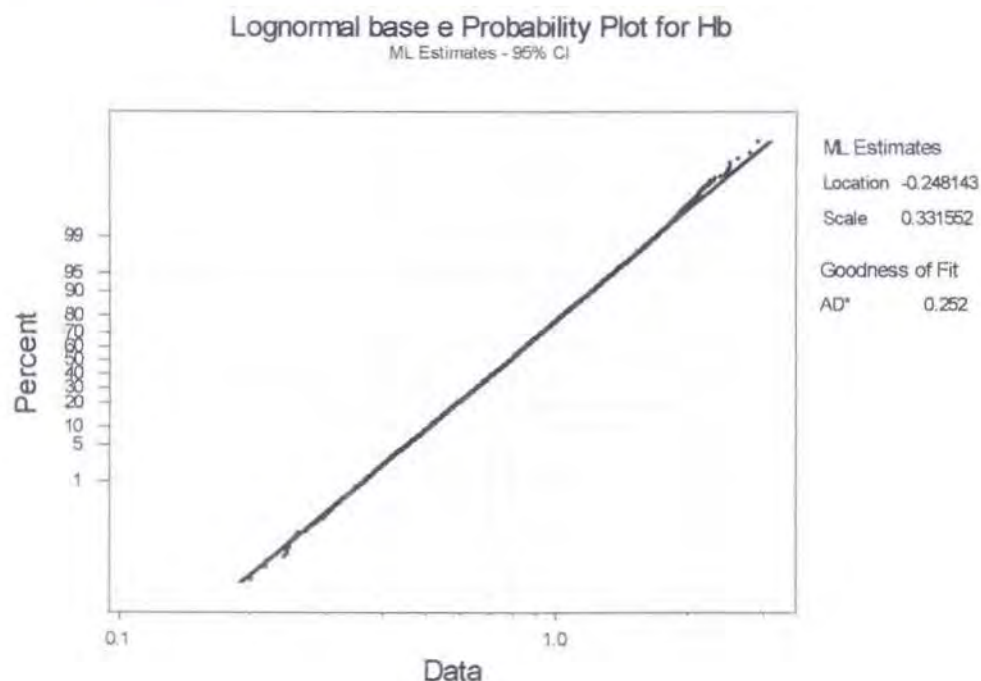
Tabel 4.1. Perhitungan *Fetch* efektif dan gelombang

NO	Arah	Besar (km)	Hs (m)	T (detik)
1.	Utara	414,470	2,048	5
2.	Timur Laut	499,649	1,185	5
3.	Timur	395,069	0,466	5
4.	Barat Laut	503,782	1,944	5

Data tersebut kita gunakan untuk analisa deterministik dan selanjutnya untuk analisa probabilistik, digunakan



data gelombang acak yang didapat dari perhitungan data angin selama beberapa bulan



Gambar 4.2. Grafik Distribusi sebaran data gelombang

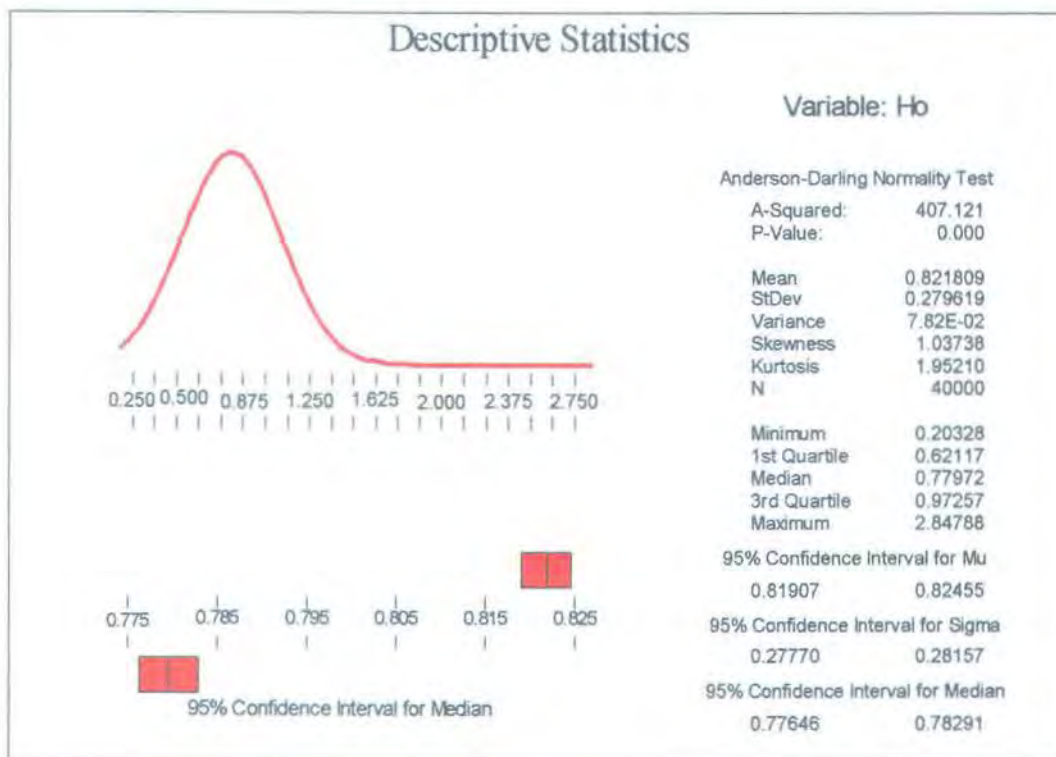
Distribusi kerapatan gelombang perlu dianalisa untuk digunakan dalam perhitungan analisa transport sedimen secara probabilistik. Distribusi gelombang berpengaruh pada hasil *output* distribusi sebaran transport sedimen. Karena distribusi transport sedimen dipengaruhi oleh distribusi data gelombang yang digunakan.

Gambar 4.2. menunjukkan grafik distribusi kerapatan peluang dari sebaran data gelombang. Dari data gelombang yang didapat dari data angin, digunakan software MINITABS untuk menentukan distribusi yang



sesuai dengan data gelombang yang ada, dengan metode *trial and error*. Dan model distribusi yang sesuai dengan sebaran data gelombang adalah distribusi lognormal dengan logmean (μ) = -0.248143 dan logstandar deviasi (σ) = 0.331552.

Distribusi gelombang ini nantinya digunakan sebagai salah satu variabel acak dalam simulasi Monte Carlo. Sedangkan analisa statistik dari data gelombang itu sendiri dijelaskan dalam gambar 4.3. Pada Gambar 4.3. dapat diketahui nilai dari masing-masing variabel statistik yang diperlukan.



Gambar 4.3. Deskripsi statistik dari sebaran data gelombang



4.1.3. Perhitungan Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda dilangit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut dibumi. Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berturutan. Sementara periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata keposisi yang sama berikutnya. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar.

Data pasang surut untuk daerah Tanjung Awarawar didapat dari pengukuran yang dilakukan oleh Wiratman & Associates selama 29 hari terhitung mulai tanggal 12 Juni 1996 hingga 10 Juli 1996, dengan menggunakan metode Admiralty. Konstanta pasang surut hasil perhitungan Metode Admiralty ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Konstanta pasang surut metode Admiralty

Komponen Pasut	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
Amplitudo(cm)	217.24	2.63	4.73	0.69	50.07	22.49	0.95	0.67	1.28	16.52
Fase	-	310	63	51	319	75	166	132	63	319



Dari konstanta-konstanta di atas, maka dapat dijelaskan bahwa untuk mendapatkan tipe pasang surut di daerah penyelidikan dapat diketahui dari harga indeks formzhal (F) dengan menggunakan persamaan:

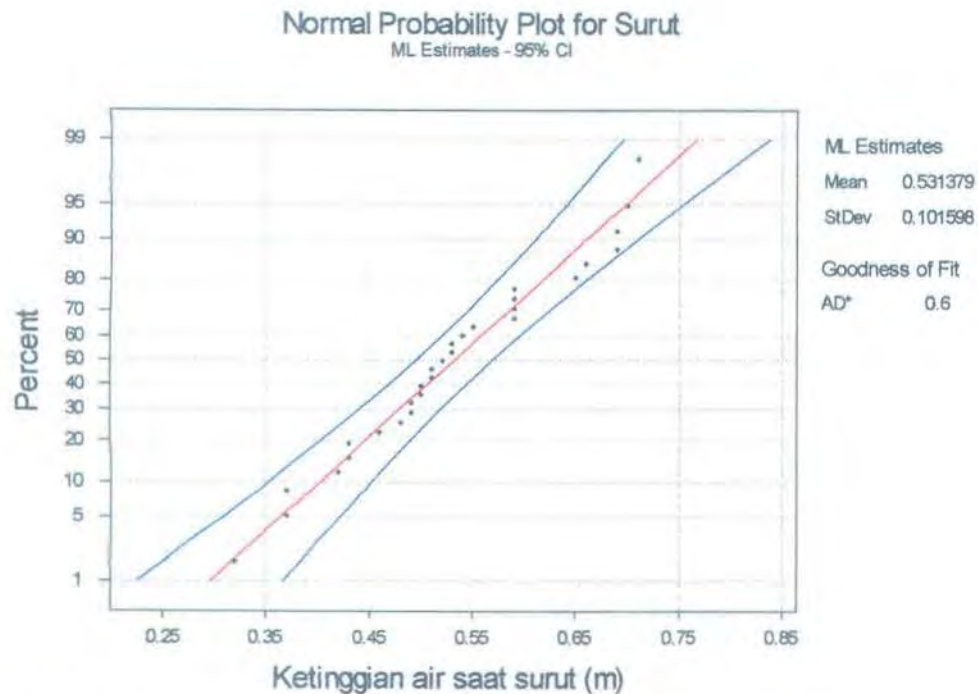
$$\begin{aligned} F &= \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \\ &= \frac{50.07 + 22.49}{2.63 + 4.73} = 9.87 \quad (F \geq 3) \end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa daerah Tanjung Awarawar mempunyai tipe pasang surut *diurnal* yang berarti dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Dengan parameter pasang-surut sebagai berikut : HWL = 2,811 m; MSL = 2,174 m; dan LWS = 1,307 m.

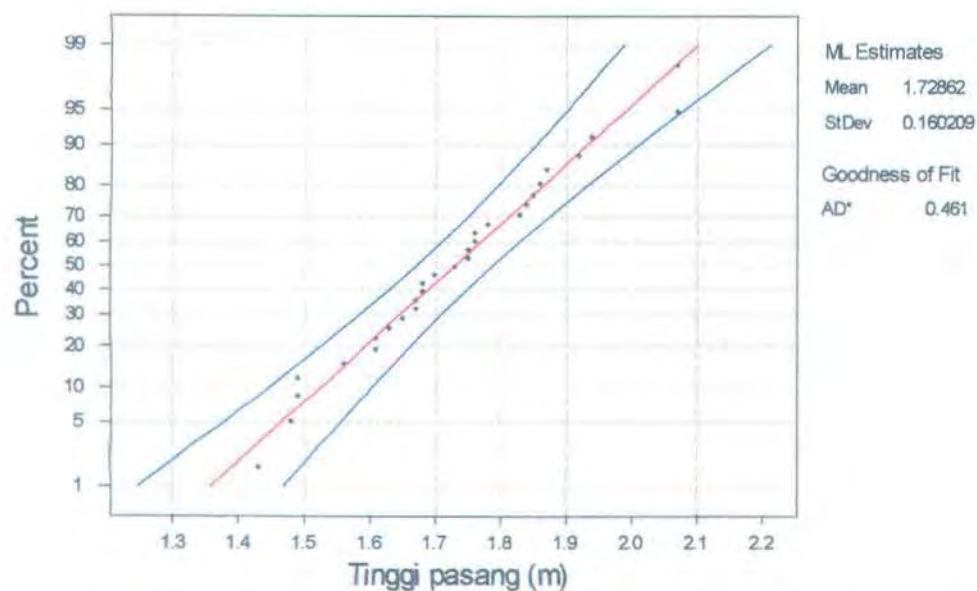
Distribusi sebaran dari data pasang dan surut adalah normal seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.4.a. dan 4.4.b. Kedua gambar dibawah menunjukkan model distribusi yang sesuai untuk keadaan pasang surut. Dan model distribusi yang sesuai dengan sebaran data pada saat pasang surut adalah distribusi normal dengan rata-rata (μ) = 0.531379 dan standar deviasi (σ) = 0.101598 pada saat surut, dan pada saat pasang rata-rata (μ) = 1.72862 dan standar deviasi (σ) = 0.160209. Penentuan model distribusi ini nantinya digunakan untuk menentukan model distribusi yang sesuai untuk laju



transport sedimen akibat pengaruh pasang surut dan merupakan salah satu variabel acak dalam simulasi Monte Carlo.



Gambar 4.4.a. Pola distribusi untuk sebaran data ketinggian air pada saat surut.



Gambar 4.4.b. Pola distribusi untuk sebaran data ketinggian air pada saat pasang.



4.2. Perhitungan Laju Sedimentasi

4.2.1. Analisa Deterministik

Dengan menggunakan persamaan 2.14. akan didapatkan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah (P_1). Tabel 4.3. menunjukkan hasil perhitungan P_1 untuk berbagai arah gelombang datang.

Tabel 4.3.a. Perhitungan P_1 untuk berbagai arah gelombang datang

Arah	Hs	T	L	C	Ks	Kr	H'o	Hb
Timur	0.466	5	27.85903	5.571807	0.93	1	0.43338	0.6588
Timur Laut	1.185	5	27.85903	5.571807	0.93	1	1.10205	1.2646
Utara	2.048	5	27.85903	5.571807	0.93	1	1.90464	1.4956
Barat Laut	1.944	5	27.85903	5.571807	0.93	1	1.80792	1.4844

Tabel 4.3.b. Perhitungan P_1 untuk berbagai arah gelombang datang

H _b	d _b	C _b	P ₁
0.6588	0.7906	2.7849	6712.331
1.2646	1.5428	2.8904	3274.662
1.4956	2.0745	3.9269	8098.113
1.4844	2.0408	3.8933	7913.094

Tahap selanjutnya adalah melakukan perbandingan hasil pengukuran dilapangan dengan hasil perhitungan laju sedimentasi berdasarkan berbagai rumus untuk menentukan metode perhitungan yang paling sesuai untuk kondisi daerah pantai Tanjung Awarawar Tuban. Tabel 4.4. memperlihatkan perbandingan rumus laju sedimentasi sepanjang pantai. Juga diperlihatkan besar error masing-masing pendekatan terhadap hasil pengukuran dilapangan.



Pengukuran laju sedimentasi dilakukan pada berbagai arah datang gelombang yang paling dominan yaitu arah utara, timur laut, timur dan barat laut. Dari berbagai arah gelombang dominan ini bisa dilihat besar range laju sedimen dari berbagai pengukuran sehingga bisa diketahui dan ditentukan metode yang paling sesuai dengan volume pengukuran laju sedimen dilapangan untuk melakukan validasi. Sedangkan nilai error dihitung

dengan menggunakan persamaan $\left| \frac{A-B}{B} \right| \times 100\%$

Dimana : A = nilai Q_s dari hasil perhitungan

B = nilai Q_s dari hasil pengukuran dilapangan
diambil nilai yang paling mendekati

Tabel 4.4.a. Perhitungan laju sedimen arah timur

$P_1 = 1359.9313 \text{ t-m/hari/m}$					
No	Nama	Rumus	Nilai (m^3/th)	Error (%)	Nilai lapangan
1.	Caldwell	$Q_s = 1.200 P_1^{0.8}$	140697	59,801	350.000 - 2.300.000
2.	Savage	$Q_s = 0.219 P_1$	108706	68,941	
3.	Ijima, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.54}$	2335	99,333	
4.	Ichikawa, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.8}$	15242	95,645	
5.	Ijima, Sato	$Q_s = 0.060 P_1$	29782	91,491	
6.	Tanaka	$Q_s = 0.120 P_1$	59565	82,981	
7.	Komar, Inman	$Q_s = 0.778 P_1$	386179	10,337	
8.	Das	$Q_s = 0.325 P_1$	161322	53,908	
9.	CERC	$Q_s = 0.401 P_1$	199046	43,129	



Tabel 4.4.b. Perhitungan dan perbandingan laju sedimen arah timur laut

$P_1 = 3274.662 \text{ t-m/hari/m}$					
No	Nama	Rumus	Nilai (m^3/th)	Error (%)	Nilai lapangan
1.	Caldwell	$Q_s = 1.200 P_1^{0.8}$	284189	70,852	350.000 - 2.300.000
2.	Savage	$Q_s = 0.219 P_1$	261761	73,153	
3.	Ijima, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.54}$	3753	99,615	
4.	Ichikawa, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.8}$	30787	96,842	
5.	Ijima, Sato	$Q_s = 0.060 P_1$	71715	92,645	
6.	Tanaka	$Q_s = 0.120 P_1$	14340	98,529	
7.	Komar, Inman	$Q_s = 0.778 P_1$	929906	4,625	
8.	Das	$Q_s = 0.325 P_1$	388457	60,158	
9.	CERC	$Q_s = 0.401 P_1$	479296	50,841	

Tabel 4.4.c. Perhitungan dan perbandingan laju sedimentasi arah utara

$P_1 = 8089.1134 \text{ t-m/hari/m}$					
No	Nama	Rumus	Nilai (m^3/th)	Error (%)	Nilai lapangan
1.	Caldwell	$Q_s = 1.200 P_1^{0.8}$	586383	74,505	350.000 - 2.300.000
2.	Savage	$Q_s = 0.219 P_1$	647323	71,856	
3.	Ijima, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.54}$	6120	99,734	
4.	Ichikawa, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.8}$	63525	97,238	
5.	Ijima, Sato	$Q_s = 0.060 P_1$	177349	92,289	
6.	Tanaka	$Q_s = 0.120 P_1$	354697	84,578	
7.	Komar, Inman	$Q_s = 0.778 P_1$	2299621	0,016	
8.	Das	$Q_s = 0.325 P_1$	960639	58,233	
9.	CERC	$Q_s = 0.401 P_1$	1185280	48,466	



Tabel 4.4.d. Perhitungan dan perbandingan laju sedimentasi arah barat laut

$P_1 = 7913.0938 \text{ t-m/hari/m}$					
No	Nama	Rumus	Nilai (m^3/th)	Error (%)	Nilai lapangan
1.	Caldwell	$Q_s = 1.200 P_1^{0.8}$	575640	74,972	350.000 - 2.300.000
2.	Savage	$Q_s = 0.219 P_1$	638533	72,238	
3.	Ijima, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.54}$	6044	99,737	
4.	Ichikawa, dkk	$Q_s = 0.130 P_1^{0.8}$	62361	97,289	
5.	Ijima, Sato	$Q_s = 0.060 P_1$	173296	92,465	
6.	Tanaka	$Q_s = 0.120 P_1$	346593	84,931	
7.	Komar, Inman	$Q_s = 0.778 P_1$	2247081	2,301	
8.	Das	$Q_s = 0.325 P_1$	938691	59,187	
9.	CERC	$Q_s = 0.401 P_1$	1158199	49,644	

Dari analisa perhitungan terlihat volume sedimen dari arah utara dan barat laut adalah lebih besar dari arah timur dan timur laut. Hal ini disebabkan karena besar volume laju sedimen tergantung pada arah datang gelombang. Pada lokasi studi yaitu Tanjung Awarawar arah datang gelombang dominan adalah dari arah utara dan barat laut.

Tabel 4.5. adalah tabel yang menunjukkan besar laju sedimentasi yang memenuhi range dari pengukuran yang dilakukan dilapangan yaitu sebesar 350.000 - 2.300.000



m³/tahun. Dari tabel ini akan dapat diketahui pendekatan mana yang sesuai.

Tabel 4.5. Perbandingan masing-masing pendekatan

Metode	Arah datang gelombang				Jumlah
	Utara	Barat Laut	Timur	Timur Laut	
Caldwell	V	V	-	-	2
Savage	V	V	-	-	2
Ijima, dkk	-	-	-	-	-
Ichikawa, dkk	-	-	-	-	-
Ijima, Sato	-	-	-	-	-
Tanaka	V	-	-	-	1
Komar, Inman	V	V	V	V	4
Das	V	V	-	V	3
CERC	V	V	-	V	3

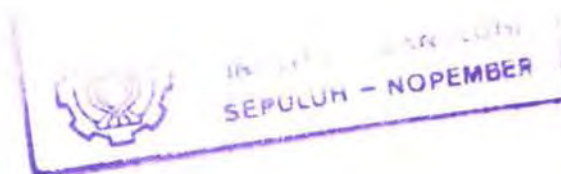
Dari tabel-tabel diatas terlihat bahwa hasil perhitungan besar angkutan sedimen sepanjang pantai yang dikemukakan oleh **Komar, Inman** mempunyai nilai yang paling sesuai dan memenuhi range nilai volume dari hasil pengukuran dilapangan. Perhitungan **Komar, Inman** dianggap sesuai karena selain hasil yang memenuhi range hasil pengukuran dilapangan juga faktor lingkungan yang hampir sama, dimana rumus ini biasanya digunakan pada kondisi pantai dengan material sediment adalah pasir begitu juga dengan kondisi yang terjadi didaerah Tanjung Awarawar, Tuban.



Gambar 4.5. menunjukkan perbandingan rumus transpor sedimen sepanjang pantai dari berbagai arah datang gelombang. Dari Gambar 4.5. dapat dilihat besar range dari tiap-tiap rumus terhadap rumus yang lain. Perbedaan pendekatan yang digunakan dalam analisa tiap rumus menyebabkan berbedanya konstanta yang digunakan sehingga didapat nilai laju sedimen yang juga berbeda.

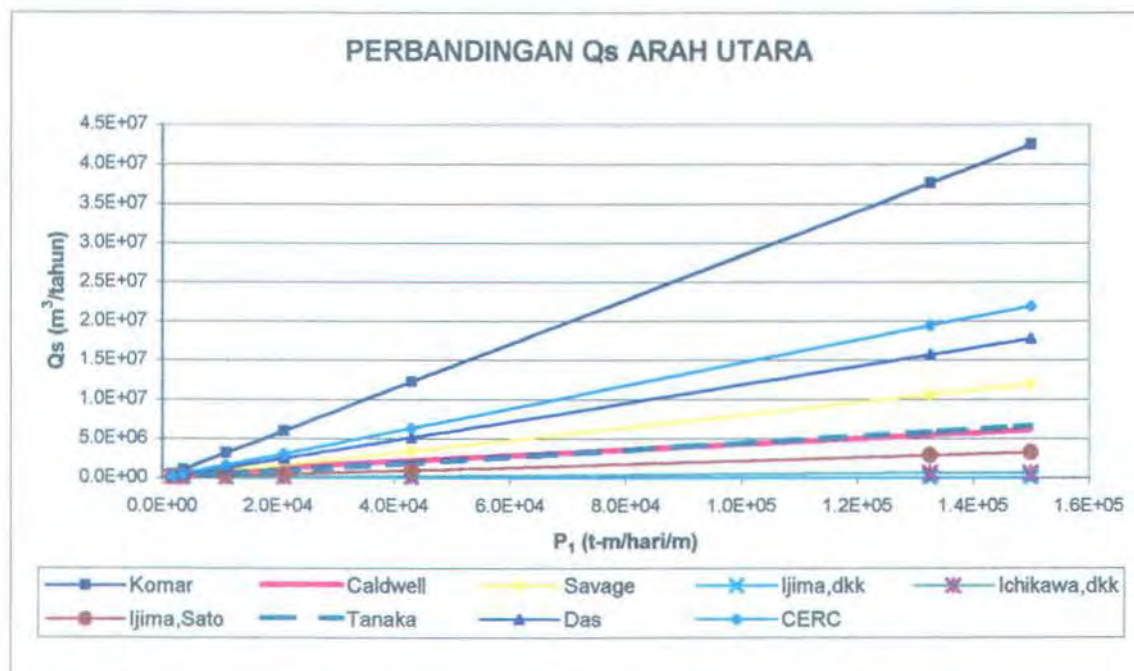


Gambar 4.5.a. Perbandingan rumus transpor sedimen dengan arah gelombang dari timur

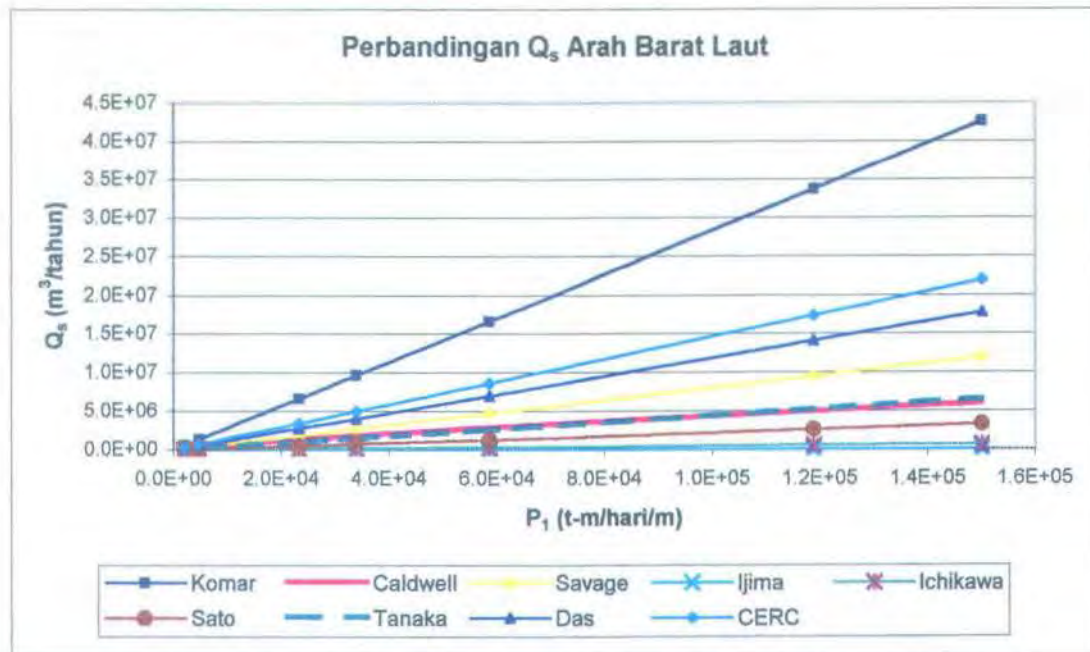




Gambar 4.5.b. Perbandingan rumus transpor sedimen dengan arah gelombang dari timur laut



Gambar 4.5.c. Perbandingan rumus transpor sedimen sepanjang pantai dengan arah gelombang dari utara

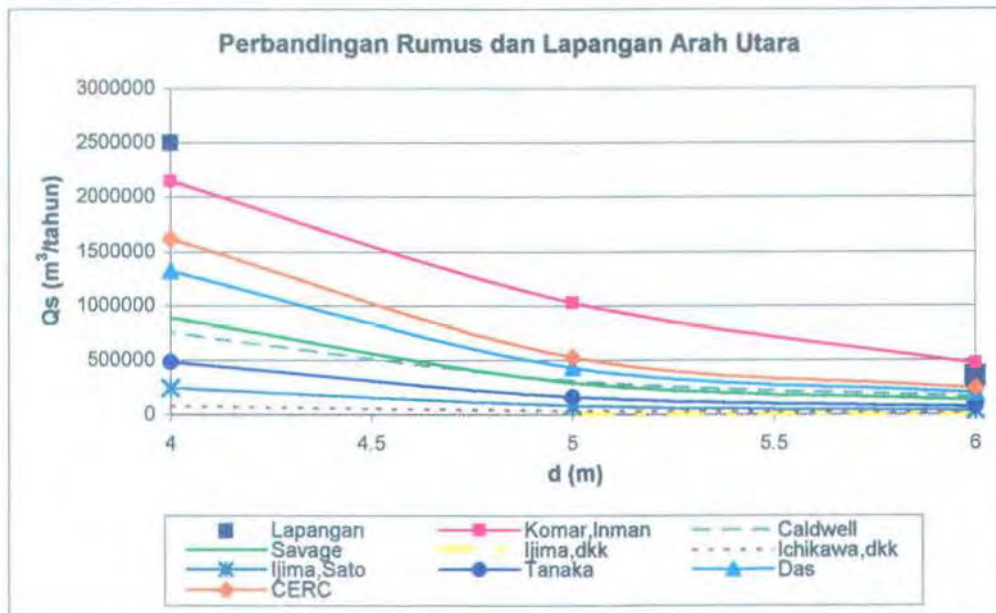


Gambar 4.5.d. Perbandingan rumus transpor sedimen sepanjang pantai dengan arah gelombang dari barat laut

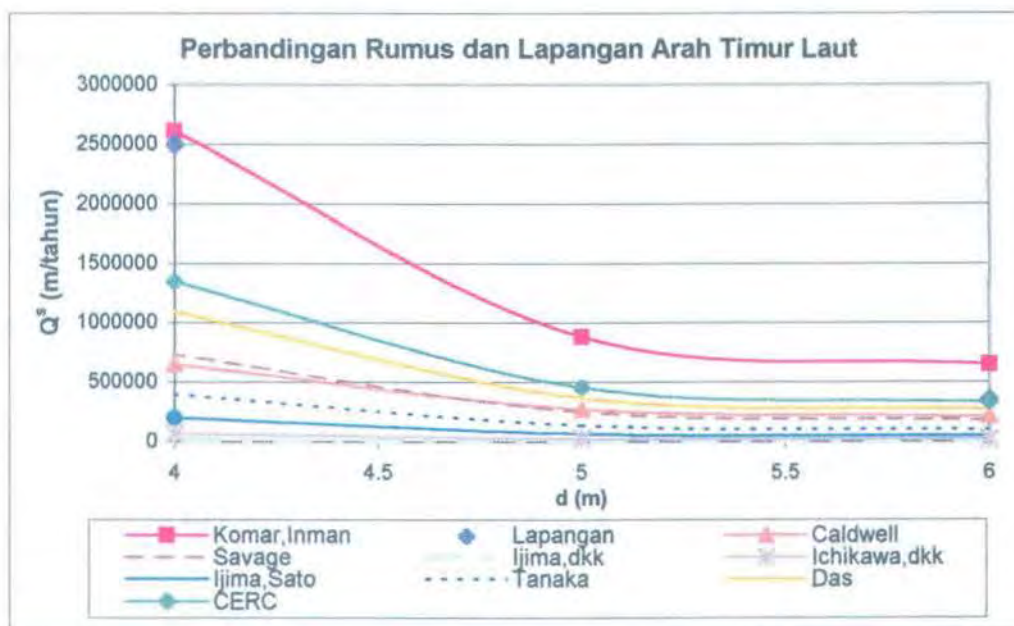
Gambar 4.5. memberikan perbandingan dari masing-masing pendekatan transpor sedimen sepanjang pantai. Terlihat bahwa masing-masing rumus memberikan perbedaan yang cukup besar. Pendekatan CERC adalah pendekatan perhitungan sedimen yang paling banyak digunakan. Untuk pemakaiannya di Indonesia konstanta yang ada pada persamaan tersebut harus disesuaikan dengan data lapangan. Sedangkan di Gambar 4.6. memperlihatkan perbandingan perhitungan dengan rumus dan hasil pengukuran transpor sedimen dilapangan. Sekalipun masih terdapat jarak yang cukup besar akan tetapi hasil perhitungan dengan menggunakan rumus yang dikembangkan



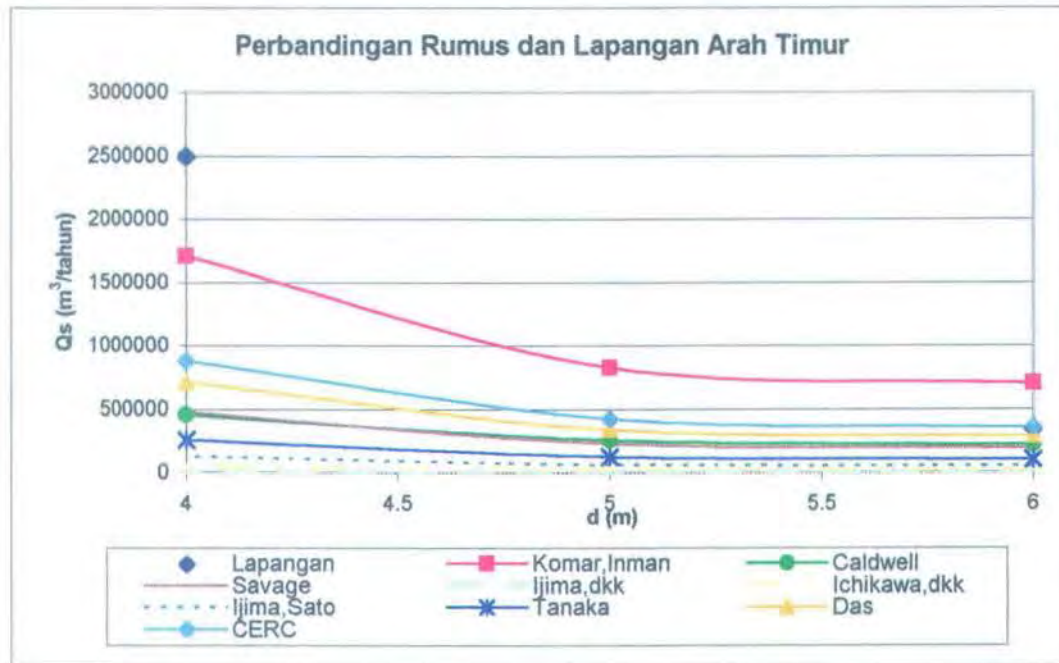
oleh Komar, Inman mempunyai *error* yang paling kecil terhadap hasil pengukuran dilapangan.



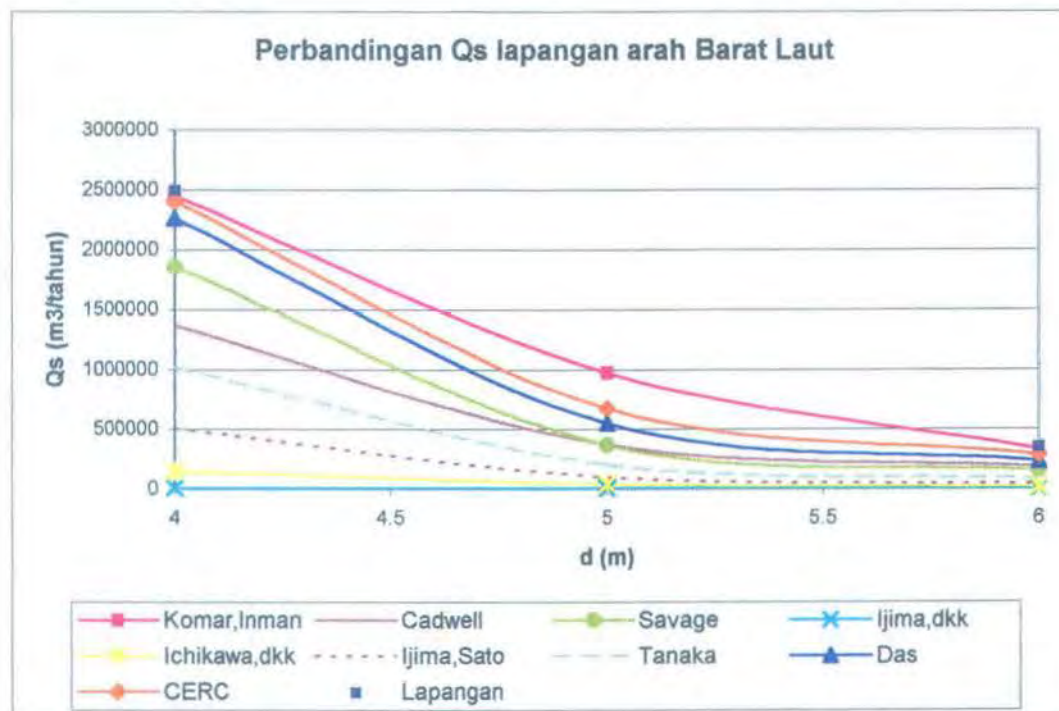
Gambar 4.6.a. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah Utara



Gambar 4.6.b. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah Timur Laut



Gambar 4.6.c. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah Timur



Gambar 4.6.d. Perbandingan rumus transpor sedimen dan pengukuran dilapangan pada arah Barat Laut



Dari Gambar 4.6. dapat dilihat besar *range* antara hasil pengukuran laju sedimentasi sepanjang pantai dilapangan dengan hasil perhitungan laju sedimen sepanjang pantai berdasarkan rumus. Dapat dilihat bahwa rumus Komar, Inman memiliki jarak yang paling kecil dibandingkan dengan rumus-rumus yang lain. Sedangkan rumus yang memiliki *range* yang terbesar atau terjauh dari hasil pengukuran dilapangan adalah rumus milik Ijima, Sato, Aini dan Ishii. Perbedaan *range* ini terjadi karena pendekatan yang digunakan pada masing-masing rumus adalah berbeda. Selain itu juga karena kondisi lingkungan pantai yang berbeda.

Tiap rumus menganalisa kondisi lingkungan laut dan pantai yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Rumus yang diberikan oleh Komar, Inman memiliki banyak kesamaan dengan kondisi lingkungan di tanjung Awarawar, Tuban. Yaitu memiliki kondisi material dasar sedimen adalah *non-cohesive*.

Dengan menganalisa volume material sedimen yang datang dan meninggalkan pantai akan dapat diperhitungkan besar proyeksi pertambahan garis pantai Tanjung Awarawar. Dengan bertambahnya material sedimen berarti pantai akan mengalami pendangkalan dan garis pantai akan



mengalami kemajuan kearah laut sehingga terbentuk garis pantai yang baru. Dan apabila hal ini terus menerus diabaikan akan dapat merusak kondisi fisik pantai dan mengganggu ekosistem pantai tersebut. Ekosistem pantai ini termasuk didalamnya adalah terumbu karang, komunitas ikan dan tumbuhan serta biota laut lainnya. Karena sedimentasi berarti penambahan material baru yang masih asing bagi lingkungan pantai lama maka diperlukan waktu bagi pantai untuk menyesuaikan diri dan mengatasinya.

4.2.2. Analisa Probabilistik

Analisa probabilistik yang dilakukan dengan memanfaatkan simulasi Monte Carlo. Dimana simulasi ini memberikan beberapa kelebihan, diantaranya adalah tidak diperlukannya penurunan parsial dalam menyelesaikan suatu sistem persamaan simultan. Unsur pokok yang diperlukan adalah sebuah *random number generate* (RNG). RNG harus disesuaikan dengan distribusi kerapatan peluang dari parameter yang ditinjau. Dalam Tugas Akhir ini jenis parameter yang digunakan dibedakan menjadi dua yaitu parameter acak dan konstan yang mana antara lain ditunjukkan pada Tabel 4.6. Parameter acak merupakan parameter lingkungan yang sifatnya dinamik dan selalu berubah, sedangkan parameter konstan



merupakan parameter yang mempunyai harga tertentu yang didapat dari pengukuran dilapangan maupun sebagai hasil percobaan di laboratorium.

Tabel 4.6. Parameter yang digunakan dalam analisa probabilistik

No.	Parameter		Jenis	Distribusi	Nilai
1.	Tinggi gelombang pecah	H_b	Acak	Lognormal	$\mu = -0.248143$ $\sigma = 0.331552$
2.	Diameter butiran	D	Acak	Uniform	$\mu = 0.054142$ $\sigma = 0.025169$
3.	Ketinggian air pasang	H_{pasang}	Acak	Normal	$\mu = 1.72862$ $\sigma = 0.16021$
4.	Ketinggian air surut	H_{surut}	Acak	Normal	$\mu = 0.531379$ $\sigma = 0.101598$
5.	Massa jenis air laut	ρ	Konstan	-	1.03 (ton/m ³)
6.	Gravitasi	g	Konstan	-	9,81 (m/s ²)

Distribusi Laju Sedimen Akibat Pengaruh Gelombang

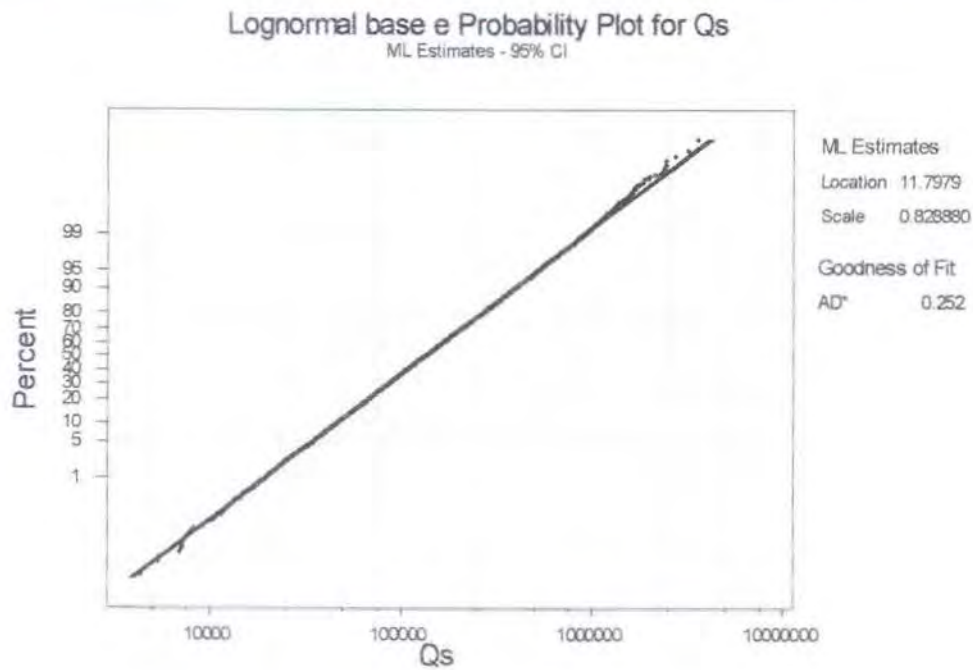
Analisa terhadap laju sedimen karena pengaruh gelombang secara probabilistik dengan menggunakan simulasi Monte Carlo memberikan *output* yang mempunyai pola sebaran hampir sama dengan hasil *output* pada analisa deterministik. Dalam analisa probabilistik dapat dilihat bahwa rumus yang dikembangkan Komar, Inman memberikan nilai sebaran yang hampir mendekati pola sebaran data lapangan.

Analisa probabilistik ini dilakukan karena pada kenyataannya dilapangan tinggi, panjang dan periode

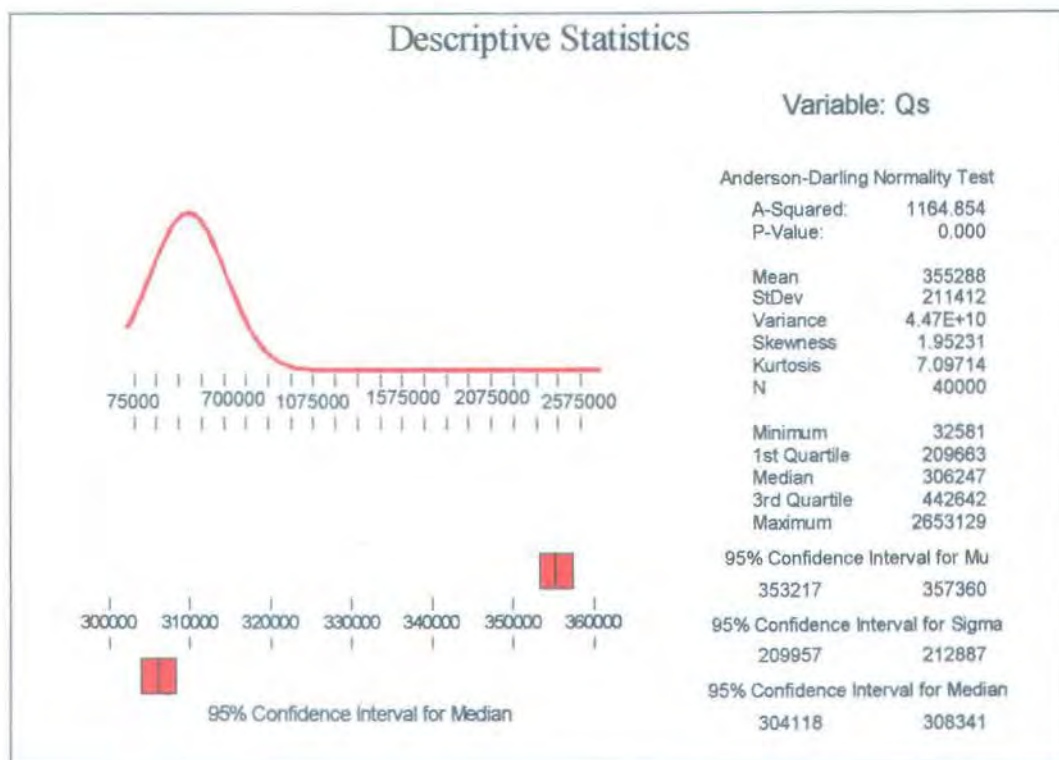


gelombang adalah tidak tetap (*statis*) melainkan selalu berubah (*dinamis*) sehingga diperlukan analisa secara statistik. Melalui metode Simulasi Monte Carlo akan dilakukan analisa statistik untuk berbagai parameter lingkungan yang mempunyai nilai dan distribusi acak dalam studi ini.

Dari parameter dan variabel yang telah ditentukan sebelumnya (Tabel 4.6) dibuat *listing program* untuk *running* simulasi Monte Carlo menggunakan *software* MINITABS. *Output* dari *running* ini selanjutnya dengan cara *trial and error* dicari jenis distribusi yang paling sesuai dengan data sebaran. Gambar 4.8. menunjukkan jenis distribusi yang sesuai untuk laju sedimentasi dari rumus yang dikembangkan oleh Komar, Inman dengan rata-rata (μ) dan *standar deviasi* (σ) sebesar 11.7979 m³/tahun dan 0.8281 m³/tahun. Dan dari 40000 kali percobaan didapatkan deskripsi statistik sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.7. Distribusi kerapatan peluang untuk Qs
Komar, Inman



Gambar 4.8. Deskripsi statistik dari nilai laju sedimen
Komar, Inman



Tabel 4.7. menunjukkan distribusi kerapatan peluang untuk masing-masing grafik dari rumus yang dikembangkan oleh masing-masing ahli. Dari hasil analisa diketahui bahwa model grafik distribusi kerapatan peluang transpor sedimen mengikuti atau berbanding lurus dengan model grafik distribusi kerapatan peluang gelombang yang digunakan. Hal ini terjadi karena laju transport sedimen merupakan fungsi dari komponen fluks energi gelombang pada saat pecah.

Tabel 4.7. Distribusi peluang untuk berbagai rumus laju sedimentasi (m^3/tahun)

No.	Nama	Distribusi	Mean (μ)	Standar deviasi (σ)
1.	Caldwell	Lognormal	11.0029	0.6619
2.	Savage	Lognormal	10.531	0.8274
3.	Ijima, Sato, Aono, Ishii	Lognormal	7.1812	0.4468
4.	Ichikawa, Murobuse, Achiai, Tomita	Lognormal	6.4778	0.6619
5.	Ijima, Sato	Lognormal	9.2373	0.8274
6.	Tanaka	Lognormal	9.9305	0.8274
7.	Komar, Inman	Lognormal	11.7979	0.8281
8.	Das	Lognormal	10.9269	0.8274
9.	CERC	Lognormal	11.1370	0.8274

Tabel 4.8. menjelaskan mengenai hasil analisa statistik dari berbagai pendekatan yang dilakukan oleh para ahli. Hasil ini didapat dari hasil running simulasi Monte Carlo yang diperoleh dari input data gelombang acak



dengan nilai minimum 0.205 m dan nilai rata-rata 0.823 m.

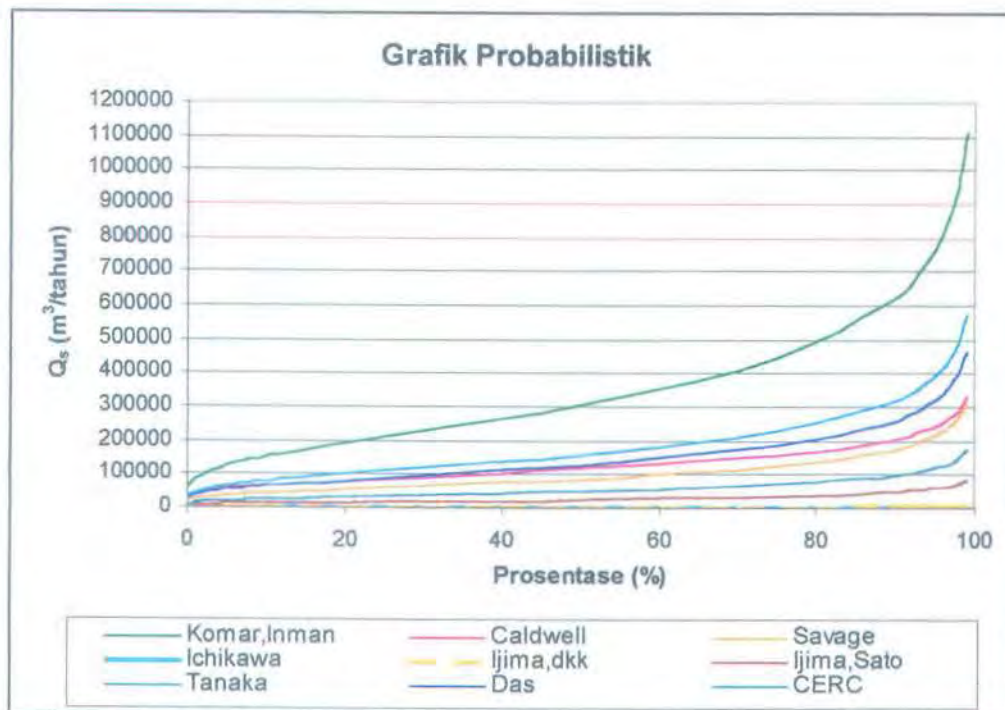
Tabel 4.8. Hasil Analisa Statistik Dari Berbagai Pendekatan Yang Dilakukan Oleh Para Ahli

Variable	N	Mean	Median	StDev	Satuan
Caldwell	40000	128741	116589	59677	m ³ /tahun
Savage	40000	100298	85944	59662	m ³ /tahun
Ichikawa, dkk	40000	1394.7	1263.0	646.5	m ³ /tahun
Ijima, dkk	40000	2152.7	2057.0	656.9	m ³ /tahun
Ijima, Sato	40000	27479	23546	16346	m ³ /tahun
Tanaka	40000	54958	47093	32691	m ³ /tahun
Das	40000	148844	127542	88539	m ³ /tahun
CERC	40000	183651	157368	109244	m ³ /tahun
Komar, Inman	40000	356311	305317	211950	m ³ /tahun
Ho	40000	0.82314	0.77830	0.28045	m
Hb	40000	1.1156	1.0880	0.2499	m

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3	Satuan
Caldwell	19774	694798	86882	157551	m ³ /tahun
Savage	9354	800235	59506	125219	m ³ /tahun
Ichikawa, dkk	214.2	7527.0	941.2	1706.8	m ³ /tahun
Ijima, dkk	621.0	6862.7	1686.6	2520.6	m ³ /tahun
Ijima, Sato	2563	219242	16303	34307	m ³ /tahun
Tanaka	5126	438485	32606	68613	m ³ /tahun
Das	13882	1187563	88308	185827	m ³ /tahun
CERC	17128	1465270	108958	229283	m ³ /tahun
Komar, Inman	33231	2842844	211395	444842	m ³ /tahun
Ho	0.20571	2.96836	0.62425	0.97547	m
Hb	0.4481	2.6560	0.9392	1.2648	m



Gambar 4.9. adalah grafik probabilistik dari setiap pendekatan yang dilakukan oleh para ahli. Dari grafik tersebut diketahui bahwa pada prosentase 50 % nilai Q_s terbesar adalah $\leq 307088 \text{ m}^3/\text{tahun}$ yang merupakan pendekatan dari Komar, Inman dan nilai terkecil adalah milik Ichikawa dengan nilai $\leq 1269 \text{ m}^3/\text{tahun}$.



Gambar 4.9. Analisa probabilistik dari berbagai pendekatan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan secara deterministik dan probabilistik yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagaimana berikut ini :

1. Analisa deterministik dilakukan dengan membandingkan berbagai rumus laju sedimentasi dari berbagai ahli dan kemudian memperbandingkannya dengan hasil pengukuran dilapangan yang mempunyai range antara 350.000-2.500.000 m³/tahun diketahui validasi yang paling sesuai dan memenuhi range adalah rumus yang dikembangkan oleh Komar, Inman.
2. Didapat nilai P_1 dan Q_s berdasarkan rumus Komar, Inman untuk masing-masing arah gelombang dominan adalah sebagai berikut :

Arah	P_1 (t-m/d/m)	Q_s (m ³ /tahun)
Timur	1.359,9313	386.180
Barat Laut	7.913,0938	2.247.081
Timur Laut	3.274,662	929.906
Utara	8.089,1134	2.299.621



3. Analisa probabilistik dilakukan dengan memanfaatkan Metode Simulasi Monte Carlo. Dari analisa perhitungan diketahui jenis distribusi yang paling sesuai adalah distribusi lognormal dengan $mean(\mu)$ dan $standar deviasi (\delta)$ sebesar $11,7979 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan $0,8281 \text{ m}^3/\text{tahun}$.
4. Sedangkan secara statistik untuk pendekatan yang dilakukan oleh Komar, Inman didapatkan nilai rata-rata = $356.311 \text{ m}^3/\text{th}$, $median = 305.317 \text{ m}^3/\text{th}$, $standar deviasi = 211.950 \text{ m}^3/\text{th}$ dengan nilai minimum dan maksimum sebesar $33.231 \text{ m}^3/\text{th}$ dan $2.842.844 \text{ m}^3/\text{th}$.
5. Dari hasil analisa probabilistik didapat kesimpulan bahwa pada 50%, volume laju sedimen transport untuk rumus yang dikembangkan oleh Komar, Inman adalah sebesar $\leq 307.088 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

5.2. Saran

Beberapa saran berikut mungkin dapat berguna untuk peningkatan penelitian selanjutnya :

1. Dari analisa metodologi ada beberapa hal yang masih harus ditingkatkan lagi yakni pada tahap pengumpulan data dan validasi metode perhitungan. Pada tahap pengumpulan data diharapkan dapat dipergunakan data



terbaru sehingga hasil yang diperoleh lebih maksimal.

2. Untuk validasi perhitungan ada baiknya menggunakan lebih banyak pendekatan dari para ahli lainnya. Semakin banyak pendekatan yang dilakukan akan didapat parameter yang lebih banyak dan akurat, dengan demikian akan diperoleh suatu pendekatan yang mungkin lebih sesuai.
3. Pemakaian asumsi-asumsi ada baiknya dikurangi dan dicari parameter-parameter yang lebih akurat.
4. Proses ini pada dasarnya dapat digunakan di daerah lain dan berbeda kondisi lingkungan tetapi harus disertai dengan penggunaan parameter yang telah disesuaikan untuk daerah penelitian yang baru.
5. Penggunaan model pendekatan yang lainnya bisa dilakukan dengan penyesuaian variabel dan parameter. Pemodelan ini dapat dimanfaatkan untuk prediksi perubahan garis pantai jangka panjang di suatu lingkungan pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, K.K., 1993, *Reliability Engineering*, Kluwer Academic Publisher.
- B. Triatmodjo, 1996, *Pelabuhan*, Beta offset, Yogyakarta.
- B. Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, Beta offset, Yogyakarta.
- D.M. Rosyid, *Diktat Kuliah Analisa Keandalan dan Resiko*, ITS, Surabaya.
- Horikawa, K., 1998, *Coastal Engineering-An Introduction to Ocean Engineering*, University of Tokyo Press.
- Horikawa, K., 1988, *Nearshore Dynamics and Coastal Processes*, University of Tokyo Press.
- Komar, P.D., 1984, *CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion*, CRC, Florida.
- Kottega, N.T., Rosso, R., *Statistic, Probability, and Reliability for Civil and Environmental Engineers*, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- O'Connor P.D.T., 1991, *Practical Reliability Engineering ; Third Edition*, John Wiley and Sons Ltd, England.

*Proceeding Fifth International Conference on Coastal and
Port Engineering in Developing Country, 2000,
Capetown, South Africa.*

Ramakumar, R., 1993, *Engineering Reliability :
Fundamental and Applications*, Prentice Hall
International, Inc, USA.

S. Kramadibrata, 1985, *Perencanaan Pelabuhan*, Ganeca
Exact, Bandung.

Sorensen, R.M., 1978, *Basic Coastal Engineering*, John
Wiley and Sons, New York.

LAMPIRAN I

ANALISA DATA LINGKUNGAN

PERHITUNGAN FETCH EFEKTIF

Arah Utara

α	$\cos \alpha$	X_i (cm)	X_i (km)	$X_i \cdot \cos \alpha$
42	0.743	7.3	438	325.434
36	0.809	8.6	516	417.444
30	0.866	9.4	564	488.424
24	0.914	7.4	444	405.816
18	0.951	7.2	432	410.832
12	0.978	6.8	408	399.024
6	0.995	7.1	426	423.870
0	1	5.9	354	354.000
6	0.995	6.4	384	382.080
12	0.978	6.2	372	363.816
18	0.951	7	420	399.420
24	0.914	6.5	390	356.460
30	0.866	6	360	311.760
36	0.809	6.25	375	303.375
42	0.743	5.8	348	258.564

Total : 13.512 5600.319
 Feff = 414.470 km

Arah Timur

α	$\cos \alpha$	X_i (cm)	X_i (km)	$X_i \cdot \cos \alpha$
42	0.743	6.00	360	267.480
36	0.809	7.25	435	351.915
30	0.866	12.80	768	665.088
24	0.914	13.70	822	751.308
18	0.951	13.90	834	793.134
12	0.978	13.60	816	798.048
6	0.995	15.50	930	925.350
0	1	13.10	786	786.000
6	0.995	0.00	0	0.000
12	0.978	0.00	0	0.000
18	0.951	0.00	0	0.000
24	0.914	0.00	0	0.000
30	0.866	0.00	0	0.000
36	0.809	0.00	0	0.000
42	0.743	0.00	0	0.000

Total : 13.512 5338.323
 Feff = 395.080 km

Arah Timur Laut

α	$\cos \alpha$	X_i (cm)	X_i (km)	$X_i \cdot \cos \alpha$
42	0.743	4.5	270	200.610
36	0.809	5.2	312	252.408
30	0.866	5.7	342	296.172
24	0.914	6.5	390	356.460
18	0.951	6.9	414	393.714
12	0.978	7.4	444	434.232
6	0.995	7.45	447	444.765
0	1	7.8	468	468.000
6	0.995	8.4	504	501.480
12	0.978	9	540	528.120
18	0.951	7.3	438	416.538
24	0.914	13.65	819	748.566
30	0.866	12.5	750	649.500
36	0.809	11.2	672	543.648
42	0.743	11.6	696	517.128

Total : 13.512 6751.341
 Feff = 499.655 km

Arah Utara

α	$\cos \alpha$	X_i (cm)	X_i (km)	$X_i \cdot \cos \alpha$
42	0.743	4.4	264	196.152
36	0.809	4.8	288	232.992
30	0.866	5.7	342	296.172
24	0.914	6.3	378	345.492
18	0.951	7.4	444	422.244
12	0.978	7.9	474	463.572
6	0.995	9.6	576	573.120
0	1	10.5	630	630.000
6	0.995	11.2	672	668.640
12	0.978	12.4	744	727.632
18	0.951	13.3	798	758.898
24	0.914	13.6	816	745.824
30	0.866	14.4	864	748.224
36	0.809	0	0	0.000
42	0.743	0	0	0.000

Total : 13.512 6808.962
 Feff = 503.9196 km

Arah Tenggara

α	$\cos \alpha$	X_i (cm)	X_i (km)	$X_i \cdot \cos \alpha$
42	0.743	0	0	0.000
36	0.809	0	0	0.000
30	0.866	0	0	0.000
24	0.914	0	0	0.000
18	0.951	0	0	0.000
12	0.978	0	0	0.000
6	0.995	0	0	0.000
0	1	0	0	0.000
6	0.995	0	0	0.000
12	0.978	0	0	0.000
18	0.951	0	0	0.000
24	0.914	0	0	0.000
30	0.866	0	0	0.000
36	0.809	0	0	0.000
42	0.743	0	0	0.000

Total : 13.512 0.000
 Feff = 0.000 km

Arah Selatan

α	$\cos \alpha$	X_i (cm)	X_i (km)	$X_i \cdot \cos \alpha$
42	0.743	0	0	0.000
36	0.809	0	0	0.000
30	0.866	0	0	0.000
24	0.914	0	0	0.000
18	0.951	0	0	0.000
12	0.978	0	0	0.000
6	0.995	0	0	0.000
0	1	0	0	0.000
6	0.995	0	0	0.000
12	0.978	0	0	0.000
18	0.951	0	0	0.000
24	0.914	0	0	0.000
30	0.866	0	0	0.000
36	0.809	0	0	0.000
42	0.743	0	0	0.000

Total : 13.512 0.000
 Feff = 0.000 km

No.	Tinggi gelombang signifikan (Hs) dalam m				
	Utara	Barat Laut	Selatan	Timur	Timur Laut
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.94	0.56	0.00	1.15	1.375
2	1.375	1.375	0.00	0.64	0.64
3	0.73	0.94	0.00	0.64	1.95
4	0.64	0.56	0.00	0.64	1.375
5	1.375	1.375	0.00	1.95	0.75
6	0.73	1.95	0.00	0.64	1.375
7	0.73	0.64	0.00	0.64	1.375
8	0.73	0.73	0.00	0.64	1.375
9	0.94	0.94	0.00	1.95	1.375
10	1.95	1.15	0.00	0.64	1.95
11	1.375	0.64	0.00	0.64	1.375
12	0.64	1.75	0.00	0.94	1.375
13	1.375	1.375	0.00	0.64	0.64
14	1.95	1.375	0.00	0.64	0.94
15	0.94	0.94	0.00	0.73	1.95
16	1.375	0.73	0.00	0.64	1.375
17	1.375	0.64	0.00	0.64	0.94
18	1.375	1.375	0.00	0.64	0.73
19	0.64	2.15	0.00	0.64	1.375
20	0.94	1.95	0.00	0.64	0.64
21	0.94	0.57	0.00	0.64	1.15
22	0.94	0.57	0.00	0.64	0.64
23	0.73	1.375	0.00	1.95	1.15
24	1.375	1.375	0.00	0.64	1.375
25	0.94	0.64	0.00	0.64	1.375
26	2.15	1.95	0.00	0.64	1.375
27	0.73	1.375	0.00	1.95	0.64
28	1.375	0.64	0.00	0.64	1.95
29	1.375	1.375	0.00	0.64	1.375
30	1.375	1.375	0.00	0.94	0.64
31	1.375	0.94	0.00	0.64	1.375
32	1.375	2.15	0.00	0.64	1.375
33	1.375	0.73	0.00	0.73	1.375
34	1.15	1.375	0.00	0.64	1.15
35	1.375	1.375	0.00	0.64	0.94
36	0.94	0.64	0.00	0.64	1.95
37	0.94	0.64	0.00	1.95	0.94
38	0.73	0.94	0.00	0.64	1.375
39	1.375	0.64	0.00	0.64	1.375
40	0.94	0.64	0.00	0.94	0.94
41	2.15	0.73	0.00	0.64	1.375
42	0.73	0.62	0.00	0.64	1.375
43	1.375	0.65	0.00	0.73	1.375
44	0.64	0.72	0.00	0.64	0.64
45	0.73	0.72	0.00	0.64	1.95

File: TPPI-T29.WK1

19-Jun-96 Central Day

ANALYSIS OF TIDAL OBSERVATION BY ADMIRALTY METHOD

Harmonic Analysis of Observation Extending over 29 days continued

Project: TPPI-TUBAN EAST JAVA
 Location: Tasikharjo
 Instrument: AOTT - SEBA D 4950
 Serial Number: 1483

Component: HEIGHT
 Unit Data: cm

Water Depth: 3.0 m
 Station: E: 2343.000 m
 N: 626.384 m

Mid-date of obs: 19 6 1996
 Time Zone: 07.00 LT
 Comp. date/Time: 1996 07/18 10:21 41

SCHEME 1

TIME (hourly data observation)

DATE	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12-Jun-96	154	155	165	173	190	208	221	231	241	246	249	250	247	241	236	228	209	198	186	165	161	161	170	182
13-Jun-96	198	217	226	235	247	253	257	260	262	256	253	245	238	232	221	211	197	182	175	168	161	160	163	171
14-Jun-96	186	204	218	234	246	257	262	265	268	264	260	251	244	233	220	208	196	185	170	161	157	156	160	171
15-Jun-96	186	202	217	230	245	260	269	274	273	270	265	260	248	235	220	205	194	180	165	154	153	155	161	170
16-Jun-96	184	198	209	220	232	244	254	266	274	276	275	262	252	234	220	209	196	181	165	159	150	150	152	158
17-Jun-96	168	180	191	204	220	233	246	261	277	279	278	272	262	244	230	212	196	186	174	162	152	147	148	153
18-Jun-96	162	176	186	201	221	241	256	271	283	287	287	283	274	260	242	223	209	196	180	166	150	143	143	144
19-Jun-96	151	169	187	205	226	241	254	263	269	275	276	275	264	253	239	222	207	193	183	170	162	158	154	158
20-Jun-96	164	180	194	206	224	238	256	267	280	285	285	280	275	260	240	220	205	190	182	169	158	154	152	151
21-Jun-96	155	162	174	182	200	217	232	250	264	269	271	268	265	256	240	227	213	199	187	179	171	165	162	162
22-Jun-96	166	171	180	192	205	221	237	256	265	273	275	277	275	267	253	236	218	205	194	184	179	170	166	166
23-Jun-96	170	174	183	188	198	207	221	238	247	263	266	266	265	258	244	234	213	192	187	182	160	162	178	190
24-Jun-96	198	208	219	231	233	240	243	248	253	266	268	268	267	258	244	232	219	210	204	196	184	172	174	176
25-Jun-96	179	183	191	201	204	214	222	228	229	238	244	242	235	228	216	212	200	186	178	169	167	170	178	189
26-Jun-96	194	202	208	213	222	228	236	249	254	265	269	260	252	244	230	218	202	186	170	163	160	165	176	189
27-Jun-96	199	210	220	228	232	240	242	245	248	253	251	250	242	233	220	208	194	170	167	156	154	154	164	173
28-Jun-96	198	215	228	240	248	252	254	257	256	254	253	246	245	232	218	204	194	176	162	154	152	153	162	178
29-Jun-96	184	210	230	245	253	250	264	264	264	259	254	252	242	232	219	204	186	172	158	146	144	144	153	165
30-Jun-96	178	196	224	248	261	266	271	272	277	274	267	259	246	236	224	212	191	171	155	149	138	139	149	172
01-Jul-96	190	215	232	235	259	272	281	282	286	284	274	261	251	227	203	180	162	150	141	133	133	141	153	
02-Jul-96	166	182	195	215	253	275	291	300	308	300	298	293	285	276	268	260	225	220	190	166	150	151	162	179
03-Jul-96	197	214	230	253	270	281	298	298	303	303	300	297	290	278	260	249	230	217	197	170	138	139	148	160
04-Jul-96	162	172	198	214	240	280	288	293	295	295	295	294	288	286	272	252	235	225	215	198	174	158	149	150
05-Jul-96	156	166	170	208	225	249	268	284	290	292	293	293	289	279	273	252	235	200	170	164	154	145	144	145
06-Jul-96	156	172	190	208	223	232	251	270	284	288	288	286	284	289	270	250	224	210	194	174	162	152	154	170
07-Jul-96	180	190	198	208	218	233	251	270	280	282	284	284	284	279	264	248	232	210	190	176	171	170	171	174
08-Jul-96	190	207	215	220	223	227	232	240	250	260	262	261	256	244	228	218	208	190	180	172	170	169	173	180
09-Jul-96	186	194	202	220	228	237	242	246	249	250	250	248	246	242	238	226	220	210	190	179	174	171	173	180
10-Jul-96	189	198	212	230	240	246	248	248	249	247	242	234	224	214	205	196	186	179	173	168	161	160	161	167

• max
 • min
 • mean

308 :
 133 :
 217.2 :

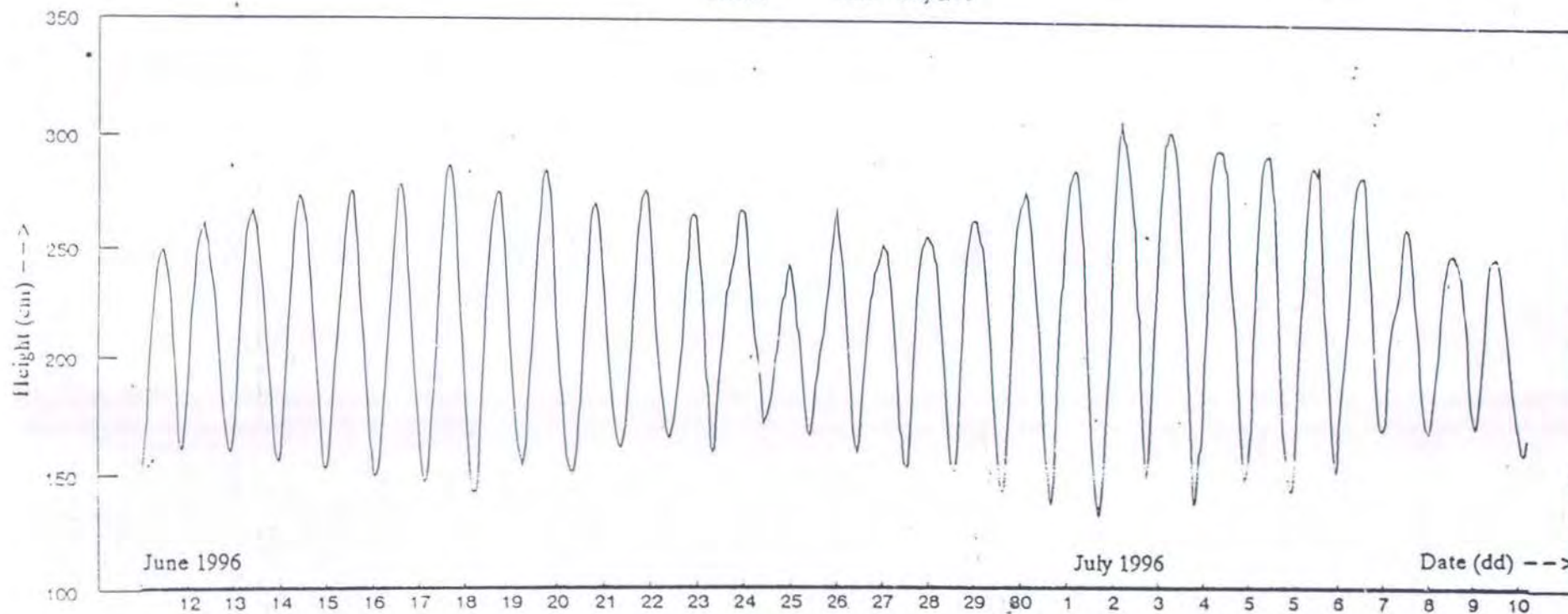
File : TPPI-T29.WK1
19-Jun-96 Central Day

ANALYSIS OF TIDAL OBSERVATION BY ADMIRALTY METHOD

Harmonic Analysis of Observation Extending over 29 days continued

Graph Of Tide Level

Period: June - July 1996



File: TPPI-T29 CGM

LAMPIRAN II

ANALISA PROBABILISTIK

Listing program perhitungan laju sedimentasi akibat pengaruh gelombang (Komar, Inman)

```
gmacro
mcs
do k1=1:1

#jumlah sampling
name k2'jumlah sampling'
let k2=40000

#massa jenis air laut
name k3'massa jenis air laut'
let k3=1025

#percepatan gravitasi
name k4'percepatan gravitasi'
let k4=9.81

#sudut datang
name k5'sudut datang'
let k5=300

#random tinggi gelombang pecah
name c1'Hb'
rand k2 c1;
lognormal -0.2494 0.3321.

#Perhitungan kedalaman gelombang pecah
name c2'db'
let c2=1.28*c1

#Perhitungan cepat rambat gelombang
name c3'Cb'
let c3=sqrt(k4*c2)

#perhitungan komponen fluks energi gel.
name c4'P1'
let c4=(1.03/16)*(c1**2)*c3*sin(2*k5)*24*3600

#perhitungan laju sedimentasi
name c5'Qs'
let c5=0.778*c4*365

enddo
endmacro
```

Listing program perhitungan laju sedimentasi akibat pengaruh gelombang untuk masing-masing rumus

```
gmacro
mcs
do k1=1:1

#jumlah sampling
name k2'jumlah sampling'
let k2=40000

#massa jenis air laut
name k3'massa jenis air laut'
let k3=1025

#percepatan gravitasi
name k4'percepatan gravitasi'
let k4=9.81

#sudut datang
name k5'sudut datang'
let k5=300

#random tinggi gelombang pecah
name c1'Hb'
rand k2 c1;
lognormal -0.2494 0.3321.

#Perhitungan kedalaman gelombang pecah
name c2'db'
let c2=1.28*c1

#Perhitungan cepat rambat gelombang
name c3'Cb'
let c3=sqrt(k4*c2)

#perhitungan komponen fluks energi gelombang.
name c4'P1'
let c4=(1.03/16)*(c1**2)*c3*sin(2*k5)*24*3600

#perhitungan laju sedimentasi Komar
name c5'Qs-K'
let c5=0.778*c4*365

#perhitungan laju sedimentasi Caldwell
name c6'Qs-C'
let c6=1.2*(c4**0.8)*365
```



```
#perhitungan laju sedimentasi Savage
name c7'Qs-S'
let c7=0.219*c4*365

#perhitungan laju sedimentasi Ichikawa
name c8'Qs-Ich'
let c8=0.013*(c4**0.8)*365

#perhitungan laju sedimentasi Ijima
name c9'Qs-I'
let c9=0.13*(c4**0.54)*365

#perhitungan laju sedimentasi Ijima,Sato
name c10'Qs-IS'
let c10=0.06*c4*365

#perhitungan laju sedimentasi Tanaka
name c11'Qs-T'
let c11=0.12*c4*365

#perhitungan laju sedimentasi Das
name c12'Qs-Das'
let c12=0.325*c4*365

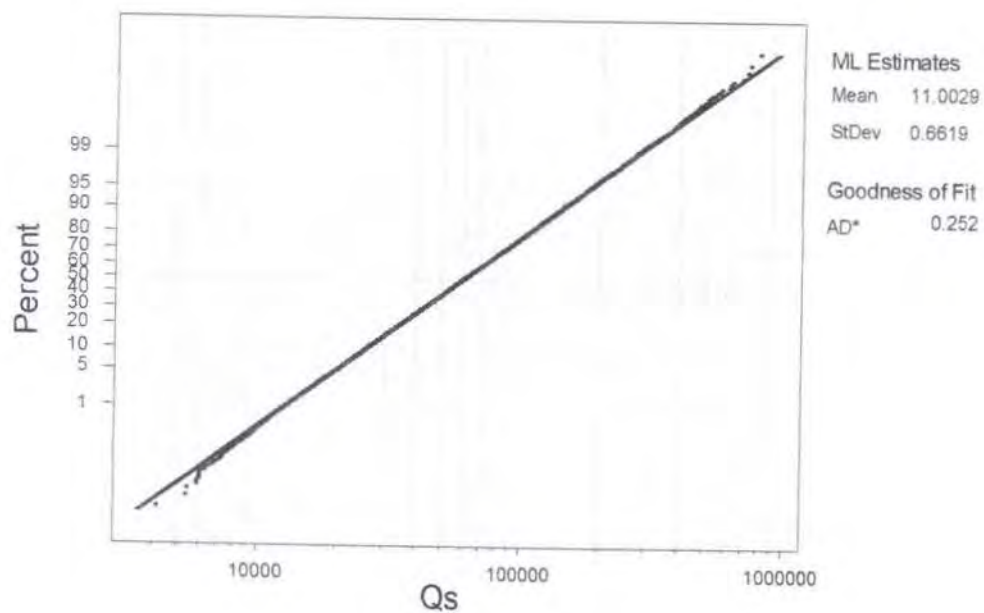
#perhitungan laju sedimentasi CERC
name c13'Qs-CERC'
let c13=0.401*c4*365

enddo
endmacro
```

Gambar grafik distribusi kerapatan peluang dari masing-masing rumus :

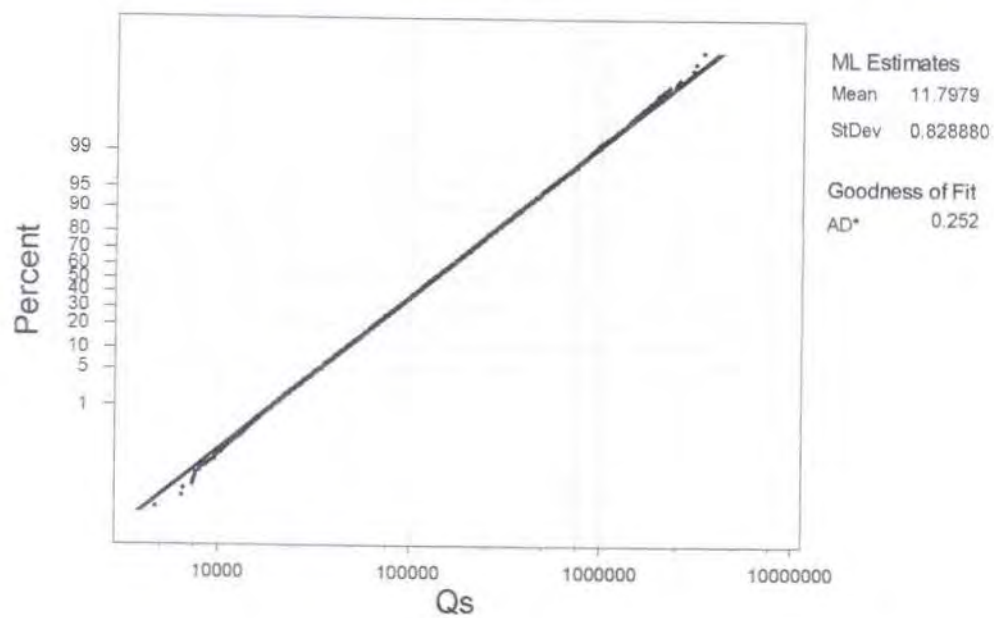
Lognormal base e Probability Plot for Qs(Caldwell)

ML Estimates - 95% CI



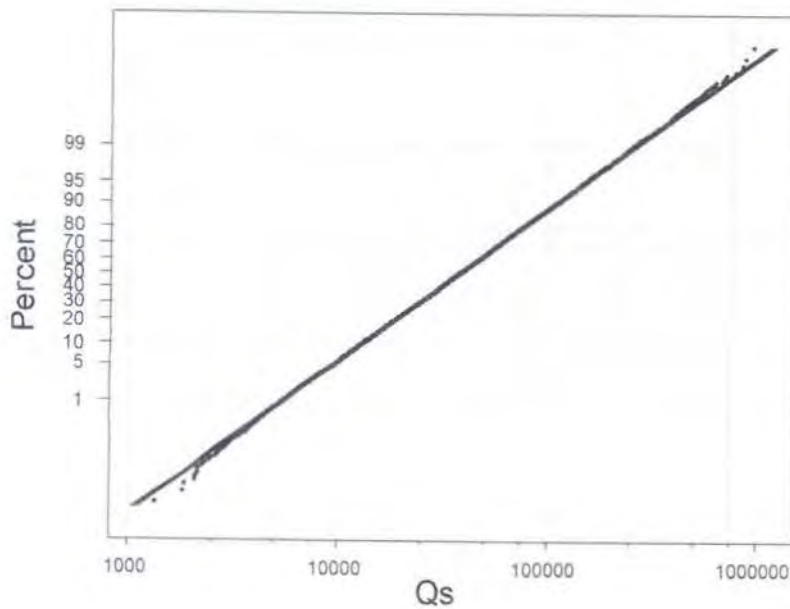
Lognormal base e Probability Plot for Qs(Komar,Inman)

ML Estimates - 95% CI



Lognormal base e Probability Plot for Qs(Savage)

ML Estimates - 95% CI



ML Estimates

Mean 10.5314

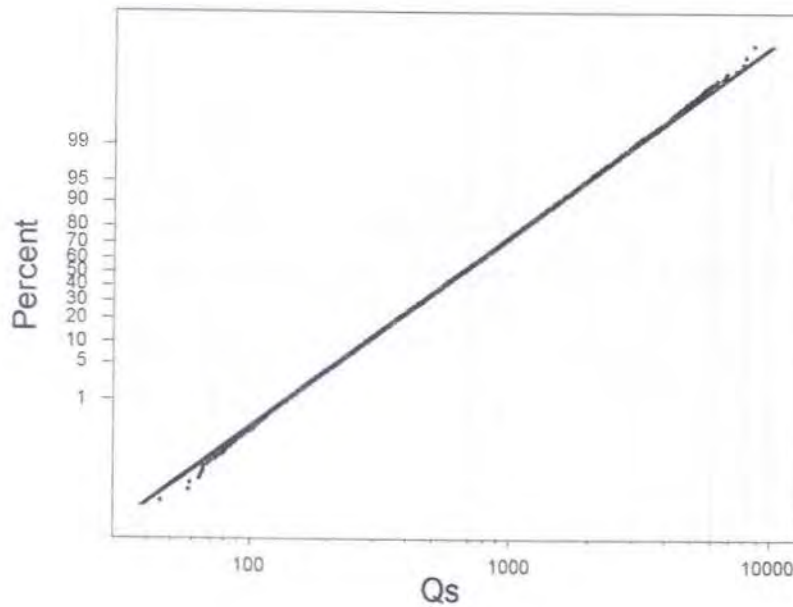
StDev 0.827413

Goodness of Fit

AD* 0.412

Lognormal base e Probability Plot for Qs(Ichakawa,dkk)

ML Estimates - 95% CI



ML Estimates

Mean 6.47677

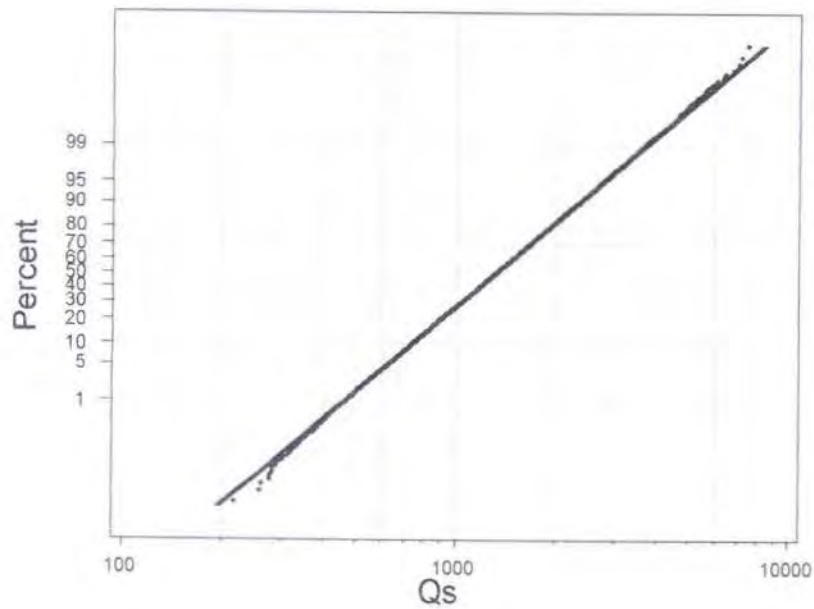
StDev 0.661870

Goodness of Fit

AD* 0.412

Lognormal base e Probability Plot for Qs(Ijima,dkk)

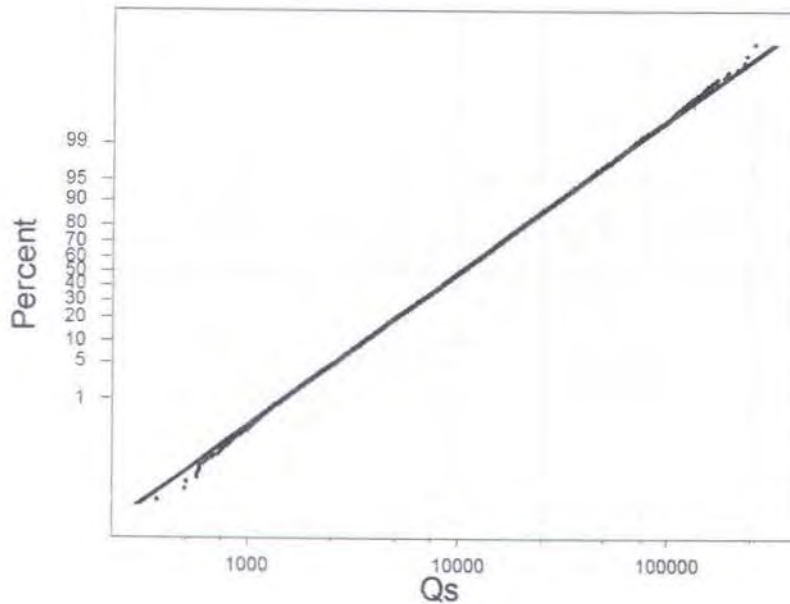
ML Estimates - 95% CI



ML Estimates
 Mean 7.18120
 StDev 0.446804
 Goodness of Fit
 AD* 0.412

Lognormal base e Probability Plot for Qs(Ijima,Sato)

ML Estimates - 95% CI

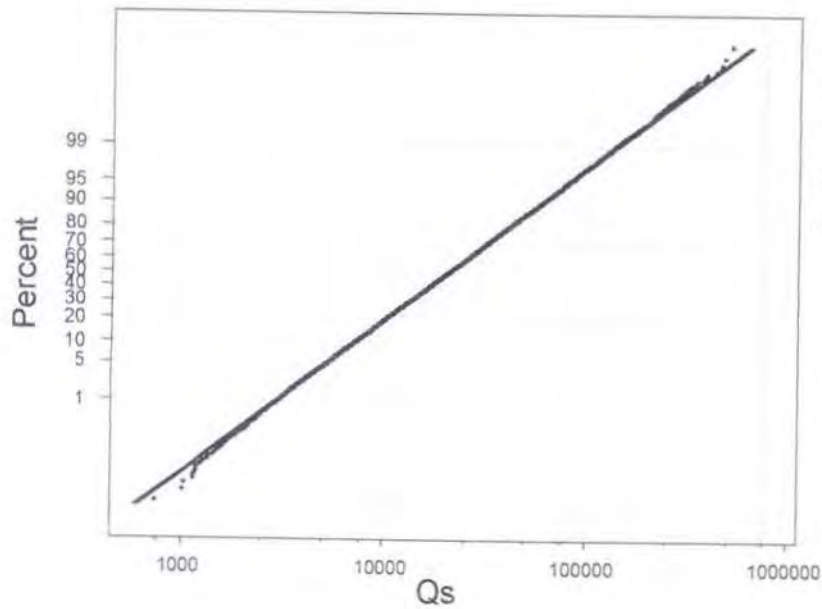


ML Estimates
 Mean 9.23731
 StDev 0.827413
 Goodness of Fit
 AD* 0.412



Lognormal base e Probability Plot for Qs (I anaka)

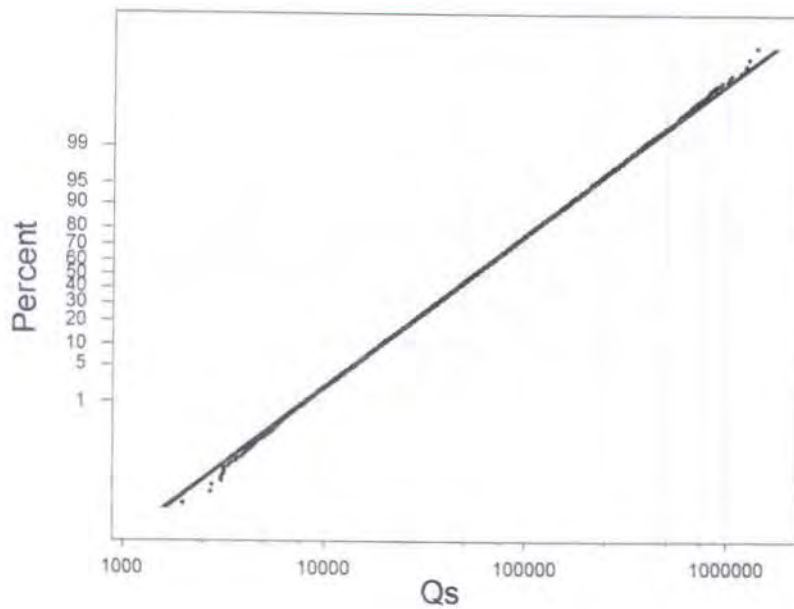
ML Estimates - 95% CI



ML Estimates
Mean 9.930486
StDev 0.827413
Goodness of Fit
AD* 0.412

Lognormal base e Probability Plot for Qs-Das

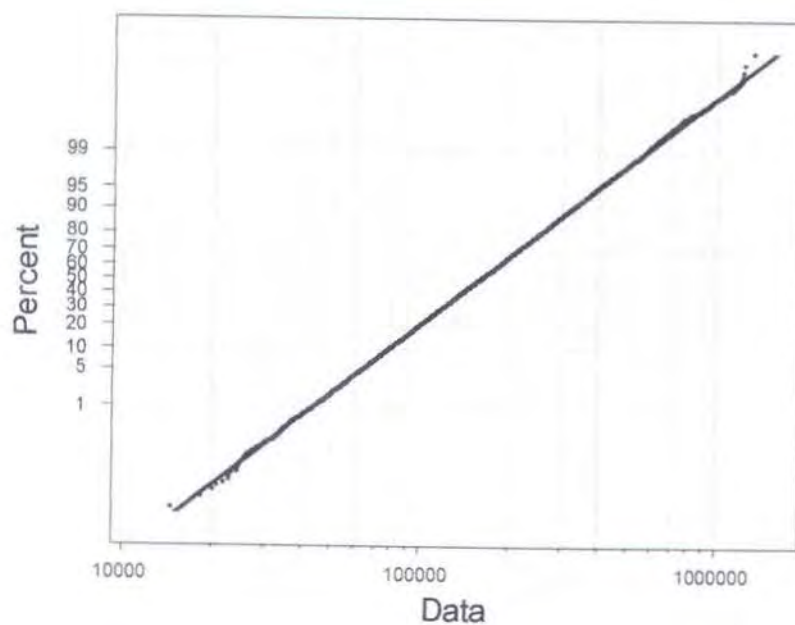
ML Estimates - 95% CI



ML Estimates
Mean 10.92692
StDev 0.829735
Goodness of Fit
AD* 0.412

Lognormal base e Probability Plot for Qs-CERC

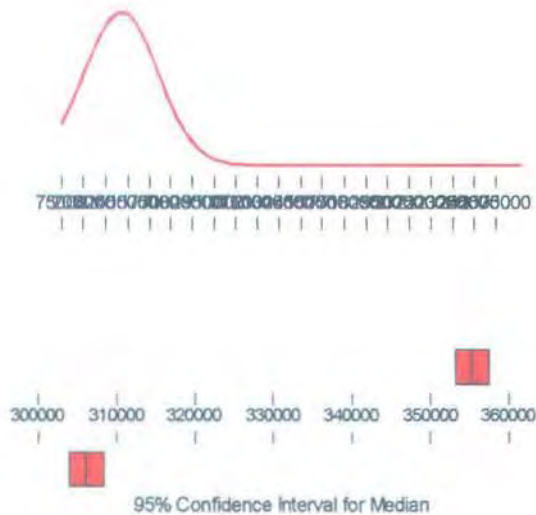
ML Estimates - 95% CI



ML Estimates
Mean 11.1370
stDev 0.8274
Goodness of Fit
AD* 0.252

Descriptive Statistics

Variable: Qs



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1164.854
P-Value: 0.000

Mean: 355288
StDev: 211412
Variance: 4.47E+10
Skewness: 1.95231
Kurtosis: 7.09714
N: 40000

Minimum: 32581
1st Quartile: 209663
Median: 306247
3rd Quartile: 442642
Maximum: 2653129

95% Confidence Interval for Mu
353217 357360

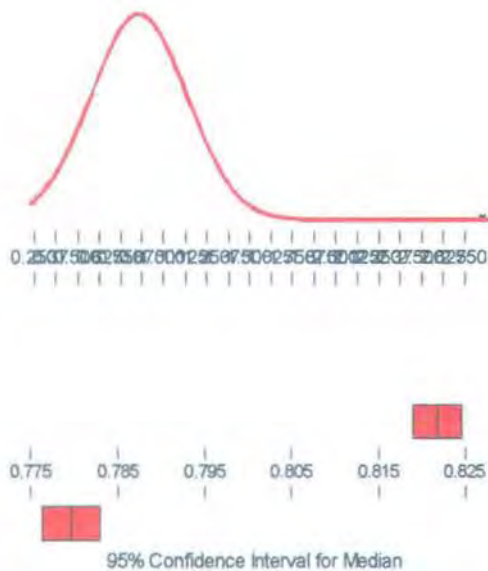
95% Confidence Interval for Sigma
209957 212887

95% Confidence Interval for Median
304118 308341

Analisa statistik laju sedimen menurut Komar, Inman

Descriptive Statistics

Variable: Ho



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 407.121
P-Value: 0.000

Mean: 0.821809
StDev: 0.279619
Variance: 7.82E-02
Skewness: 1.03738
Kurtosis: 1.95210
N: 40000

Minimum: 0.20328
1st Quartile: 0.62117
Median: 0.77972
3rd Quartile: 0.97257
Maximum: 2.84788

95% Confidence Interval for Mu
0.81907 0.82455

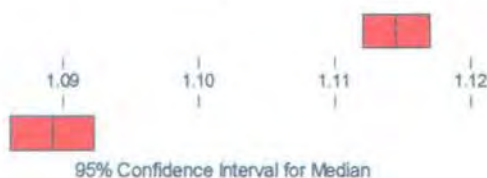
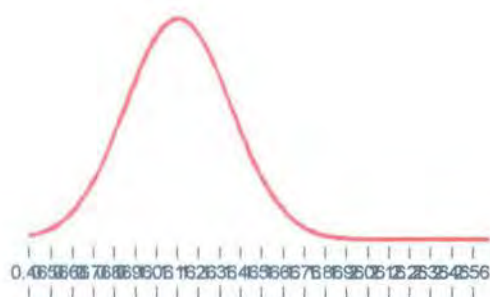
95% Confidence Interval for Sigma
0.27770 0.28157

95% Confidence Interval for Median
0.77646 0.78291

Analisa statistik dari data sebaran tinggi gelombang

Descriptive Statistics

Variable: Hb



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 174.762
P-Value: 0.000

Mean 1.11448
StDev 0.24922
Variance 6.21E-02
Skewness 0.660849
Kurtosis 0.789399
N 40000

Minimum 0.44454
1st Quartile 0.93612
Median 1.08931
3rd Quartile 1.26225
Maximum 2.58361

95% Confidence Interval for Mu

1.11204 1.11693

95% Confidence Interval for Sigma

0.24750 0.25096

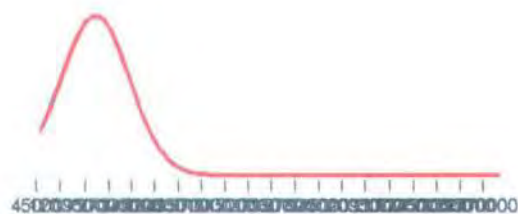
95% Confidence Interval for Median

1.08628 1.09228

Deskripsi statistik dari sebaran tinggi gelombang pecah

Descriptive Statistics

Variable: Qs-CERC



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1184.756
P-Value: 0.000

Mean 183651
StDev 109244
Variance 1.19E+10
Skewness 1.89502
Kurtosis 6.47155
N 40000

Minimum 17128
1st Quartile 108958
Median 157368
3rd Quartile 229283
Maximum 1465270

95% Confidence Interval for Mu

182581 184722

95% Confidence Interval for Sigma

108492 110006

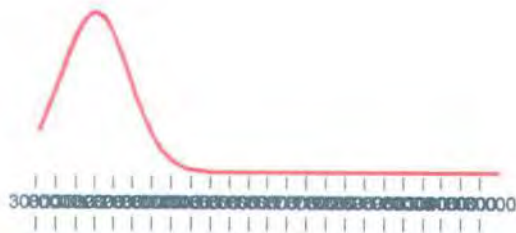
95% Confidence Interval for Median

156335 158481

Analisa statistik laju sedimen menurut CERC

Descriptive Statistics

Variable: Qs-Das



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1184.756
P-Value: 0.000

Mean 148844
StDev 88539
Variance 7.84E+09
Skewness 1.89502
Kurtosis 6.47155
N 40000

Minimum 13882
1st Quartile 88308
Median 127542
3rd Quartile 185827
Maximum 1187563

95% Confidence Interval for Mu

147977 149712

95% Confidence Interval for Sigma

87930 89157

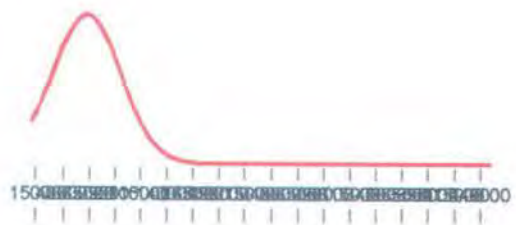
95% Confidence Interval for Median

126705 128445

Analisa statistik laju sedimen menurut Das

Descriptive Statistics

Variable: Qs-T



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1184.756
P-Value: 0.000

Mean 54958.0
StDev 32691.5
Variance 1.07E+09
Skewness 1.89502
Kurtosis 6.47155
N 40000

Minimum 5126
1st Quartile 32606
Median 47093
3rd Quartile 68613
Maximum 438485

95% Confidence Interval for Mu

54638 55278

95% Confidence Interval for Sigma

32467 32920

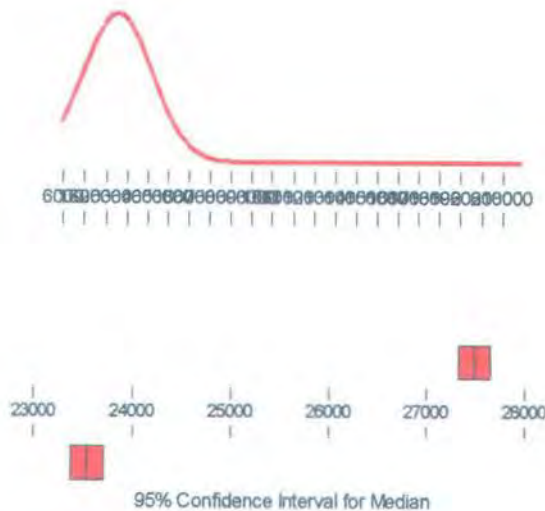
95% Confidence Interval for Median

46783 47426

Analisa statistik laju sedimen menurut Tanaka

Descriptive Statistics

Variable: Qs-IS



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1184.756
P-Value: 0.000

Mean: 27479.0
StDev: 16345.7
Variance: 2.67E+08
Skewness: 1.89502
Kurtosis: 6.47155
N: 40000

Minimum: 2563
1st Quartile: 16303
Median: 23546
3rd Quartile: 34307
Maximum: 219242

95% Confidence Interval for Mu

27319 27639

95% Confidence Interval for Sigma

16233 16460

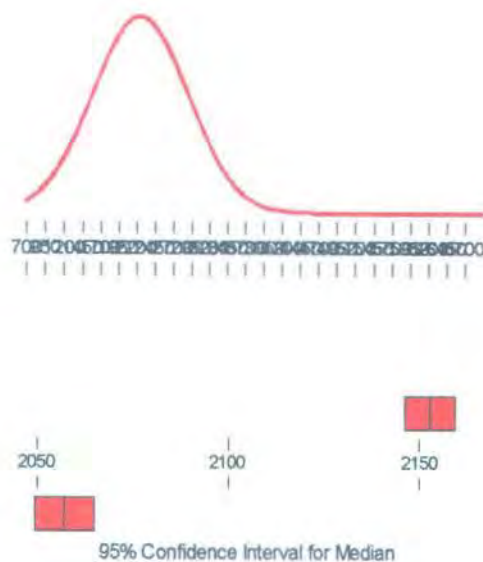
95% Confidence Interval for Median

23392 23713

Analisa statistik laju sedimen menurut Ijima, Sato

Descriptive Statistics

Variable: Qs-I



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 341.923
P-Value: 0.000

Mean: 2152.68
StDev: 656.94
Variance: 431569
Skewness: 0.908603
Kurtosis: 1.41121
N: 40000

Minimum: 621.01
1st Quartile: 1686.63
Median: 2057.00
3rd Quartile: 2520.58
Maximum: 6862.71

95% Confidence Interval for Mu

2146.24 2159.12

95% Confidence Interval for Sigma

652.42 661.52

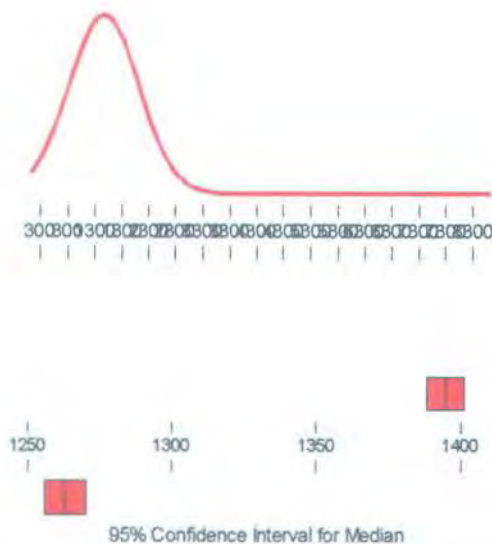
95% Confidence Interval for Median

2049.70 2064.85

Analisa statistik laju sedimen menurut Ijima, Sato, Aono dan Ishii.

Descriptive Statistics

Variable: Qs-Ich



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 757.138
P-Value: 0.000

Mean: 1394.70
StDev: 648.50
Variance: 417963
Skewness: 1.42899
Kurtosis: 3.59260
N: 40000

Minimum: 214.21
1st Quartile: 941.22
Median: 1283.04
3rd Quartile: 1706.80
Maximum: 7526.98

95% Confidence Interval for Mu

1388.36 1401.04

95% Confidence Interval for Sigma

642.05 651.01

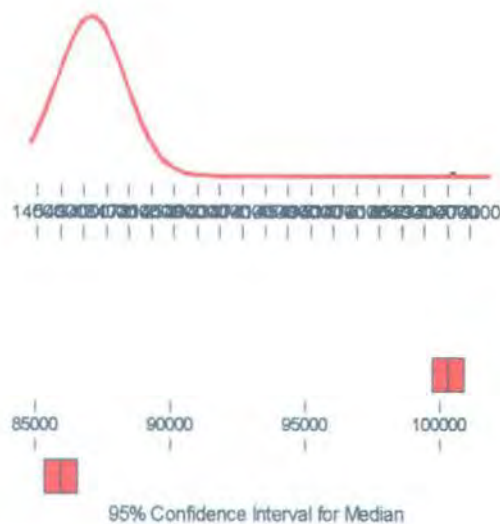
95% Confidence Interval for Median

1256.41 1270.19

Analisa statistik laju sedimen menurut Ichikawa, Murobuse, Achiai, dan Tomita

Descriptive Statistics

Variable: Qs-S



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1184.756
P-Value: 0.000

Mean: 100298
StDev: 59662
Variance: 3.56E+09
Skewness: 1.89502
Kurtosis: 6.47155
N: 40000

Minimum: 9354
1st Quartile: 59506
Median: 85944
3rd Quartile: 125219
Maximum: 800235

95% Confidence Interval for Mu

99714 100883

95% Confidence Interval for Sigma

59251 60078

95% Confidence Interval for Median

85380 86552

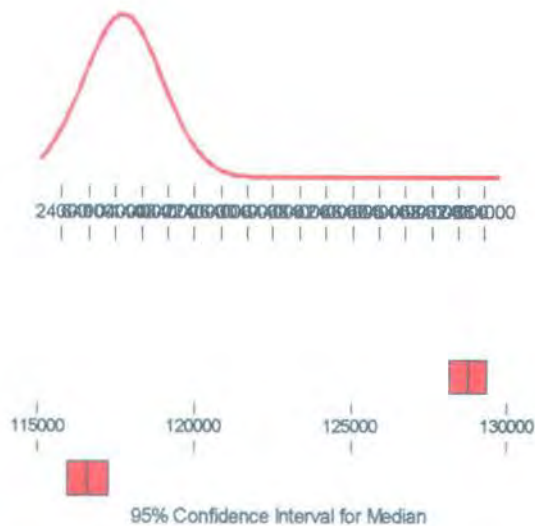
Analisa statistik laju sedimen menurut Savage.



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Descriptive Statistics

Variable: Qs-C



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 757.138
P-Value: 0.000

Mean 128741
StDev 59677
Variance 3.56E+09
Skewness 1.42899
Kurtosis 3.59260
N 40000

Minimum 19774
1st Quartile 86882
Median 116589
3rd Quartile 157551
Maximum 694798

95% Confidence Interval for Mu

128157 129326

95% Confidence Interval for Sigma

59266 60093

95% Confidence Interval for Median

115976 117248

Analisa statistik laju sedimen menurut Caldwell

TABEL ANALISA PROBABILISTIK

C	Komar Qs	Caldwell Qs	Savage Qs	Ichikawa Qs	Ijima,dkk Qs	Ijima,Sato Qs	Tanaka Qs	Das Qs	CERC Qs
0.0010	28986	17726	8159	192	577	2235	4471	12109	15082
0.0100	39209	22572	11037	245	679	3024	6048	16379	20373
0.1000	55529	29818	15631	323	819	4284	8565	23197	28805
1.0000	84746	41817	23855	453	1030	6536	13071	35402	43876
2.0000	98546	47181	27740	511	1117	7600	15200	41167	50985
3.0000	108445	50936	30526	552	1179	8363	16727	45302	56081
4.0000	116542	53956	32805	585	1223	8988	17976	48684	60248
5.0000	123572	56545	34784	623	1262	9530	19060	51621	63865
6.0000	129888	58845	36562	638	1297	10017	20034	54259	67114
7.0000	135692	60940	38196	660	1328	10465	20929	56681	70099
8.0000	141108	62878	39721	681	1356	10882	21765	58946	72883
9.0000	146221	64694	41160	701	1382	11277	22553	61082	75512
10.0000	151091	66412	42531	720	1407	11652	23305	63117	78015
20.0000	192743	80693	54255	874	1605	14864	29729	80516	99409
30.0000	229732	92861	64668	1006	1764	17717	35434	95968	118391
40.0000	266914	104701	75134	1134	1913	20585	41169	111500	137456
50.0000	307088	117130	86443	1269	2063	23683	47366	128282	158042
60.0000	353310	131033	99454	1420	2226	27248	54495	147591	181712
70.0000	410491	147740	115550	1601	2414	31657	63315	171478	210974
80.0000	489270	170018	137725	1842	2654	37733	75466	204387	251258
90.0000	624147	206579	175692	2238	3027	48135	96269	260730	320161
91.0000	644936	212065	181544	2297	3080	49738	99476	269414	330774
92.0000	668305	218191	188122	2364	3140	51540	103081	279176	342703
93.0000	694980	225130	195631	2439	3207	53597	107195	290320	356317
94.0000	726033	233142	204372	2526	3284	55992	111984	303291	372163
95.0000	763145	242629	214818	2629	3374	58854	117709	318795	391096
96.0000	809178	254269	227776	2755	3482	62404	124809	338024	414574
97.0000	869592	269345	244782	2918	3620	67064	134127	363262	445378
98.0000	956943	290780	269371	3150	3812	73800	147600	399751	489898
99.0000	1112771	328081	313235	3554	4136	85818	171636	464846	569275
99.9984	2077004	740216	866149	8019	7162	237301	474602	1285381	1566733